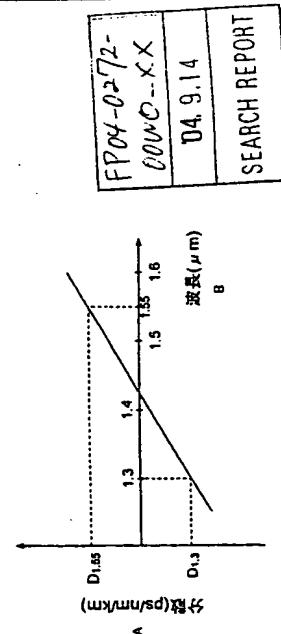


(51) 国際特許分類7 G02B 6/16	A1	(11) 国際公開番号 WO00/31573
(21) 国際出願日 1999年6月12日 (02.06.00)	(43) 国際公開日 2000年6月12日 (02.06.00)	
(22) 国際出願人 PCT/JP99/06611 (74) 代理人 并里士 長谷川秀樹 外(HASEGAWA, Yoshiaki et al.) 大會本館 創英國際特許法律事務所 Tokyo, (JP)	(75) 発明者 特願平10/335797 1998年11月26日(26.11.98) JP AU, CA, CN, ID, IN, JP, KR, US, 特許料件 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE)	
(30) 優先権データ 特願平10/335797 1999年1月31日(31.01.99) JP 特願平10/35111 1999年10月22日(22.10.99) JP	(76) 指定国 特願平PCT/JP99/068555 1999年10月22日(22.10.99) JP	
(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 住友電気工業株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) (JP) (JP) 〒541-0041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番31号 Osaka, (JP)	(77) おおよび (78) 発明者 (米国についてのみ) 加藤英賀(SASAOKA, Eiichi) (JP) (JP) 住友電気(SASAOKA, Eiichi) (JP) (JP)	(79) 田中 旗(TANAKA, Shigenobu) (JP) (JP) 田中 旗(TANAKA, Shigenobu) (JP) (JP)
(80) 代理人 住友電気工業株式会社 横浜製作所内 Kanagawa, (JP)		

(54)Title: OPTICAL FIBER AND OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM INCLUDING THE SAME

(54)発明の名稱 光ファイバ及びそれを含む光伝送システム



(54)Abstract
An optical fiber and optical transmission system realizing good optical communication in 1.3 μm and 1.55 μm wavelength bands. The optical fiber is characterized in that the optical fiber has only one zero dispersion wavelength in a wavelength range from 1.20 μm to 1.60 μm, the zero dispersion wavelength is in a wavelength range from 1.37 μm to 1.50 μm, and the optical fiber has a positive dispersion slope at the zero dispersion wavelength. The optical fiber enables good optical communication using signal light in the 1.3 μm and 1.55 μm wavelength bands on both sides of the zero dispersion wavelength.

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を示すために使用されるコード	(附)
AE アラブ首長国連邦 AL アルバニア AM アルメニア AU オーストラリア AZ アゼルバイジャン BE ベルギー BF ブルキナ・ファン BG ブルガリア BI ビルマ BR ブラジル CA カナダ CH チェコ CL チリ CR クラウチア CY クロアチア DE ドイツ DK デンマーク ES エスコート FI フィンランド FR フランス GB カンタベリー GE ジルギス GR ギリシャ HK ハンガリー HU ハンガリー ID インドネシア IL イスラエル IN インド IS イスランド JP ジャパン KR カナダ KZ カザフスタン LK ランカ LR リバティ LT リトアニア LU リクナシナ LV ラトヴィア MC モンテナ MD モルダヴィア MK モンテナ ML モルタ MT モンテナ RU ロシア SE スウェーデン SI スロベニア SK スロバキア SL シリル SV スウェーデン TD チад TG チド TH チェン TR チュニジア UA ウクライナ UG ウガンダ US アメリカ MX メキシコ VN ベトナム YE イエメン NO ノルウェイ NZ ニュージーランド PK パキスタン RO ルーマニア SI シリル DK デンマーク	

明細書

光ファイバ及びそれを含む光伝送システム

技術分野

5 この発明は、光通信における伝送路に適用可能な光ファイバ、及び該光ファイバを含む光伝送システムに関するものである。

背景技術

従来から光通信における伝送路として、主に、1. 3 μm 波長帯 (1.280 nm ~ 1.320 nm) に零分散波長を有する標準的なシングルモード光ファイバが利用されてきた。このような光ファイバの主材料 (シリカ) に起因した伝送損失は、1. 55 μm 波長帯 (1.530 nm ~ 1.565 nm) で最小となることが知られており、加えて、Er添加光ファイバを用いた光ファイバ増幅器は、1. 55 μm 波長帯の光を高効率に增幅することができる。このような理由から、1. 55 μm 波長帯に零分散波長を有するよう設計された分散シフト光ファイバが、複数波長の信号光を伝送する波長分割多重 (WDM: Wavelength Division Multiplexing) 通信における伝送路に適用されている。なお、信号光を送出する光源については、従来から 1. 3 μm 波長帯の光や 1. 55 μm 波長帯の光の出力を可能なするデバイス技術が確立されている。

20 発明の開示

発明者らは、上述の従来技術を検討した結果、以下のような課題を発見した。すなわち、1. 55 μm 波長帯に零分散波長を有する分散シフト光ファイバを光伝送路として、1. 3 μm 波長帯の信号光を伝送する場合、分散の絶対値が大きくなることから広帯域でWDM通信を行うことができない。また、このような分散シフト光ファイバで 1. 55 μm 波長帯の信号光を伝送する場合、分散の絶対

5 値が小さくなりすぎるから非線形光学現象の 1 つである四光波混和が発生し易くなる。一方、1. 3 μm 波長帯に零分散波長を有する標準的なシングルモード光ファイバを光伝送路として、1. 3 μm 波長帯の信号光を伝送する場合も、分散の絶対値が小さくなりすぎることから非線形光学現象の 1 つである四光波混和が発生し易くなる。また、このようなシングルモード光ファイバで 1. 55 μm 波長帯の信号光を伝送する場合には、分散の絶対値が大きくなることから広帯域でWDM通信を行うことができない。

これに対し、広い波長帯域に亘って分散の発生を抑える光ファイバの開発が進められている (例えば、K. Okamoto et al., "Zero total in single-mode optical fibers over an extended spectral range", Radio Science, Volume 17, Number 1, pages 31-36, January-February 1982 参照)。例えば、クラッド領域とコア領域との屈折率差を 2. 4 %と大きくし、かつコア領域の径を 3. 5 μm と小さくすることにより、広い波長帯域に亘って分散値の小さな光ファイバが提案されている。しかしながら、このようなクラッド領域とコア領域との屈折率差が非常に大きい光ファイバは製造が困難であり、伝送損失が大きい。一方で、コア領域の径が小さい光ファイバでは実効断面積が小さくなり、非線形光学現象も発生し易くなる。

この発明は、上述のような課題を解決するためになされたものであり、1. 3 μm 波長帯の信号光及び 1. 55 μm 波長帯の信号光双方の効率的な伝送を可能にする光ファイバ及びそれを含む光伝送システムを提供することを目的としている。

この発明に係る光ファイバは、1. 3 μm 波長帯の信号光及び 1. 55 μm 波長帯の信号光双方の効率的な伝送を可能にする光ファイバであって、波長 1. 20 μm ~ 1. 60 μm の範囲に零分散波長を 1 つのみ有し、該零分散波長において正の分散スローフを有する光ファイバである。なお、この零分散波長は、1. 3 μm 波長帯と 1. 55 μm 波長帯とに挟まれた、波長 1. 37 μm ~ 1. 50

μm の範囲に存在する。また、上記分散スロープは、上記零分散波長においてその絶対値が $0.10\text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以下(好ましくは波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ において $0.06\text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以下)であることが好ましく、少なくとも、波長 $1.30\text{ }\mu\text{m} \sim 1.55\text{ }\mu\text{m}$ の範囲において単調に変化(例えば、単調増加)している。

このように、当該光ファイバは、OH吸収に起因した伝送損失の増加が認められる波長 $1.38\text{ }\mu\text{m}$ を含む波長 $1.37\text{ }\mu\text{m} \sim 1.50\text{ }\mu\text{m}$ の範囲に零分散波長を有しているため、 $1.3\text{ }\mu\text{m}$ 波長帯近傍及び $1.55\text{ }\mu\text{m}$ 波長帯近傍ではある程度分散が発生する。したがって、これら $1.3\text{ }\mu\text{m}$ 波長帯の信号光及び $1.55\text{ }\mu\text{m}$ 波長帯の信号光が伝搬する場合でも、当該光ファイバは、四光波混合は発生し難い構造を備える。

なお、增幅帯域が $1.47\text{ }\mu\text{m}$ 波長帯にあるツリウム添加ファイバ增幅器を利⽤する場合、零分散波長は、波長 $1.37\text{ }\mu\text{m} \sim 1.43\text{ }\mu\text{m}$ の範囲に設定されるのがより好ましい。OH吸収ピーク($1.38\text{ }\mu\text{m}$)の裾を合わせることにより、さらに伝送域を広げることができる。一方、脱水処理等を施すことにより上記OH吸収ピークを低く抑え、波長 $1.38\text{ }\mu\text{m}$ を含む波長帯域を信号光波長帯域として利用する場合には、係る波長帯域において意図的に分散を発生させるべく、零分散波長を、波長 $1.45\text{ }\mu\text{m}$ よりも大きく $1.50\text{ }\mu\text{m}$ 以下の範囲に設定してもよい。

当該光ファイバにおいて、分散スロープは単調に増加するとともに、その零分散波長における分散スロープの絶対値は $0.10\text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以下、好ましくは波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ における分散スロープが $0.06\text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以下であることから、 $1.3\text{ }\mu\text{m}$ 波長帯における分散及び $1.55\text{ }\mu\text{m}$ 波長帯における分散は均一化される。このとき、波長 $1.3\text{ }\mu\text{m}$ における分散の絶対値、波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ における分散の絶対値は、いずれも $6\text{ ps/nm}/\text{km}$ 以上かつ $12\text{ ps/nm}/\text{km}$ 以下である。

以上のように、この発明に係る光ファイバは、 $1.3\text{ }\mu\text{m}$ 波長帯及び $1.55\text{ }\mu\text{m}$ 波長帯の双方において効率的な光通信を実現する。なお、シングルモードを保証する観点から、伝送路長が数百m以下でカットオフ波長が $1.3\text{ }\mu\text{m}$ 以下である場合、 $1.3\text{ }\mu\text{m}$ 波長帯及び $1.55\text{ }\mu\text{m}$ 波長帯それそれににおいて基底モード光のみが伝搬し得るので好ましい。また、比較的長距離(伝送路長が數km以下)の光伝送では、カットオフ波長の距離依存性を考慮すると、カットオフ波長は $1.45\text{ }\mu\text{m}$ 以下(信号光波長よりも長い場合)でも実用上の問題はない。一方、曲げ損失を低減する観点では、カットオフ波長が $1.0\text{ }\mu\text{m}$ を下回ると曲げ損失が著しく増加する場合がある。そのため、該カットオフ波長は $1.05\text{ }\mu\text{m}$ 以上、さらには $1.30\text{ }\mu\text{m}$ 以上であるのが好ましい。

さらに、この発明に係る光ファイバは、 $1.3\text{ }\mu\text{m}$ 波長帯及び $1.55\text{ }\mu\text{m}$ 波長帯において効率的な光伝送を可能にすべく、波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ において、直徑 3.2 mm で巻かれたときに 1 ターン 当たり 0.5 dB 以下、好ましくは 0.06 dB 以下となる曲げ損失を有するとともに、波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ において $4.5\text{ }\mu\text{m}^2$ 以上、好ましくは $4.9\text{ }\mu\text{m}^2$ よりも大きい実効断面積 A_{eff} を有する。また、当該光ファイバは、波長 $1.38\text{ }\mu\text{m}$ におけるOH吸収に起因した伝送損失の増加量が $0.1\text{ dB}/\text{km}$ 以下である。特に、波長 $1.38\text{ }\mu\text{m}$ におけるOH吸収に起因した伝送損失の増加量が $0.1\text{ dB}/\text{km}$ 以下であれば、該波長 $1.38\text{ }\mu\text{m}$ 近傍の波長帯域を信号光波長帯域に利用することも可能である。この場合は、意図的に該波長 $1.38\text{ }\mu\text{m}$ 近傍の波長帯域に分散を発生させるべく(四光波混合を抑制するため)、零分散波長を波長 $1.45\text{ }\mu\text{m}$ よりも大きくかつ $1.50\text{ }\mu\text{m}$ 以下の範囲内に設定してもよい。

なお、実効断面積 A_{eff} は、特開平8-248251号公報(EP0724171A2)に示されたように、以下の(1)式で与えられる。

$$A_{eff} = 2\pi \left(\int_0^{\infty} E^2 r dr \right)^2 / \left(\int_0^{\infty} E^4 r dr \right) \dots (1)$$

ここで、Eは伝搬光に伴う電界、rはコア中心からの径方向の距離である。

この発明に係る光ファイバは、純シリカ（故にには不純物が添加されていないシリカ）の屈折率を基準とした比屈折率差の最大値が1%以下であつて最小値が-0.5%以上ある屈折率プロファイルを有する。このような屈折率プロファイルにおいて、例えばGe元素が添加された高屈折率領域、純シリカに対する比屈折率差は-0.5%以上であることから、製造（不純物添加による屈折率制御）が容易であり、また、伝送損失を小さくすることが可能になる。なお、純シリカの屈折率を基準とした比屈折率差の最小値が-0.2%以上、より好ましくは-0.15%よりも大きいければ、当該光ファイバの製造を容易にする点でさらによい。

上述のような諸特性を有する光ファイバは、種々の構成によつて実現できる。すなわち、当該光ファイバの第1構造は、所定軸に沿つて伸びた構造を有するコア領域と、該コア領域の外周に設けられたクラッド領域と、該により実現できる。この第1構造の光ファイバは、ディプレストクラッド構造をさらに備えてよい。ディプレストクラッド構造は、上記クラッド領域を、上記コア領域の外周に設けられ、該コア領域よりも低い屈折率を有する内側クラッドと、この内側クラッドの外周に設けられ、該内側クラッドよりも高くかつコア領域よりも低い屈折率を有する外側クラッドにより構成することにより実現される。

当該光ファイバの第2構造も、第1構造と同様にコア領域と該コア領域の外周に設けられたクラッド領域とを備える。ただし、上記コア領域は、所定の屈折率を有する第1コアと、該第1コアの外周に設けられかつ該第1コアよりも低い屈折率を有する第2コアとから構成される。この第2構造の光ファイバがディプレストクラッド構造を備える場合には、上記クラッド領域は、上記第2コアの外周に接しあつ該第2コアよりも低い屈折率を有する内側クラッドと、該内側クラッド

の外周に設けられ、該内側クラッドよりも高くかつ該第2コアよりも低い屈折率を有する外側クラッドとで構成される。

当該光ファイバの第3構造は、第1構造と同様に所定軸に沿つて伸びたコア領域と、該コア領域の外周に設けられたクラッド領域とを備え、特に、該コア領域は、所定の屈折率を有する第1コアと、該第1コアの外周に設けられ該第1コアよりも低い屈折率を有する第2コアと、該第2コアの外周に設けられ該第2コアよりも高い屈折率を有する第3コアとを備える。ただし、この第3構造の光ファイバがディプレストクラッド構造を備える場合には、上記クラッド領域は、上記コアの外周に接しあつ該第3コアよりも低い屈折率を有する内側クラッドと、該内側クラッドの外周に設けられ、該内側クラッドよりも高くかつ該第3コアよりも低い屈折率を有する外側クラッドとで構成される。

上述のような第3構造の適用により、特に波長1.55μmにおいて0.06ps/nm²/km以下の低分散スローフを有する光ファイバが得やすくなる。

さらに、当該光ファイバの第4構造も、所定軸に沿つて伸びたコア領域と、該コア領域の外周に設けられたクラッド領域とを備え、特に、該コア領域は、所定の屈折率を有する第1コアと、該第1コアの外周に設けられ該第1コアよりも高い屈折率を有する第2コアとを備える。この第4構造の光ファイバがディプレストクラッド構造を備える場合には、上記クラッド領域は、上記第2コアの外周に接しあつ該第2コアよりも低い屈折率を有する内側クラッドと、該内側クラッドの外周に設けられ、該内側クラッドよりも高くかつ該第2コアよりも低い屈折率を有する外側クラッドとで構成される。

当該光ファイバの第5構造は、所定軸に沿つて伸びたコア領域と、該コア領域の外周に設けられたクラッド領域とを備え、特に、該コア領域は、所定の屈折率を有する第1コアと、該第1コアの外周に設けられ該第1コアよりも高い屈折率を有する第2コアと、該第2コアの外周に設けられ該第2コアよりも低い屈折率を有する第3コアと、該第3コアの外周に設けられ該第3コアよりも高い屈折率を有する第4コアとで構成される。

を有する第4コアとからなるコア領域とを備える。この第5構様に光ファイバにおいて、上記クラッド領域は、上記第4コアよりも低い屈折率を有する。

この発明に係る光伝送システムは、上述のような構造を備えた光ファイバにより実現される。具体的に、この発明に係る光伝送システムは、1.3μm波長帯の第1光を出力する第1送信器と、1.55μm波長帯の第2の光を出力する第2送信器と、該第1送信器から出力された第1光及び該第2送信器から出力された第2光とを合波する合波器と、該第1合波器にその一端が光学的に接続された、上述の構造を備えた光ファイバとを、少なくとも備える。この構成により、当該光ファイバは、合波器により合波された第1光及び第2光それを伝送する。以上のような構成を備えた光伝送システムによれば、第1送信器から出力された1.3μm波長帯の第1光は、合波器を経て上記光ファイバに入射され、該光ファイバ内を受信系に向かって伝播する。一方、第2の送信器から出力された1.55μm波長帯の第2の光は、合波器を経て光ファイバに入射され、該光ファイバ内を受信系に向かって伝播する。光伝送路に適用される光ファイバは、上述のように、また、1.3μm波長帯及び1.55μm波長帯のいずれにおいても効率的な光通信を可能にすることにより、上述のような特殊構造を備えた光ファイバが適用されることにより、当該光伝送システムは大容量通信を可能にする。

図面の簡単な説明

図1Aは、この発明に係る光ファイバの、波長に対する伝送損失特性を示すグラフであり、図1Bは、この発明に係る光ファイバの、波長に対する分散特性を示すグラフである。

図2Aは、この発明に係る光ファイバの第1及び第13実施例の断面構造を示す図であり、図2Bは、図2Aに示された第1実施例に係る光ファイバの屈折率プロファイルである。

図3は、第2実施例に係る光ファイバの屈折率プロファイルである。

図4は、第3、第15及び第17実施例に係る光ファイバの屈折率プロファイルである。

図5は、第4実施例に係る光ファイバの屈折率プロファイルである。

図6は、第5、第16、第18、第19及び第21実施例に係る光ファイバの屈折率プロファイルである。

図7は、第6、第20及び第22実施例に係る光ファイバの屈折率プロファイルである。

図8は、第7及び第8実施例に係る光ファイバの屈折率プロファイルである。

図9は、第9及び第10実施例に係る光ファイバの屈折率プロファイルである。

図10は、第11及び第12実施例に係る光ファイバの屈折率プロファイルである。

図11は、図2B、図3～図10に示されたような種々の屈折率プロファイルを有する第1～第13実施例に係る光ファイバの諸特性をまとめた表である。

図12は、第14～第22実施例に係る光ファイバの諸特性をまとめた表である。

図13は、第1実施例に係る光ファイバの、波長に対する分散特性を示すグラフである。

図14は、脱水処理が不十分であった第1実施例に係る光ファイバの、波長に対する伝送損失特性を示すグラフである。

図15は、脱水処理が十分に行われた第1及び第13実施例に係る光ファイバの、波長に対する伝送損失特性を示すグラフである。

図16は、脱水処理が不十分であった第13実施例に係る光ファイバの、波長に対する伝送損失特性を示すグラフである。

図17Aは、主に第18～第22実施例について、波長1.55μmにおける実効断面積A_{eff}と分散スロープとの関係を示すグラフであり、図17Bは、主

な実施例について、波長1. 55 μm におけるカットオフ波長入 c と直径3.2 mmで曲げられたときの1ターン当たりの曲げ損失との関係を示すグラフである。

図1Aは、この発明に係る光伝送システムの概略構成を示す図であり、図1Bは、この発明に係る光伝送システムの変形例を示す図である。

5 発明を実施するための最良の形態

以下、この発明に係る光ファイバ及び光伝送システムの各実施例を、図1A～図2B、図3～16、及び図17A～図18Bを用いて説明する。なお、図面中の同一要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

10 まず、図1Aは、この発明に係る光ファイバの、波長に対する伝送損失特性を示すグラフであり、図1Bは、この発明に係る光ファイバの、波長に対する分散特性を示すグラフである。

この発明に係る光ファイバは、零分散波長を波長1. 20 μm ～1. 60 μm の範囲に1つのみ有し、該零分散波長が波長1. 37 μm ～1. 50 μm の範囲内に存在する。図1Aのグラフに示されたように、OH吸収に起因した伝送損失が波長1. 38 μm 付近で発生する（例えば、KAZUHIRO NOGUCHI et al., "Loss Increase for Optical Fibers Exposed to Hydrogen Atmosphere", JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, VOL. LT-3, NO. 2, APRIL 1985 参照）、この発明波長近傍の信号光の光通信への利用は必ずしも好ましくない。そこで、この発明に係る光ファイバでは、図1Bに示されたように、OH吸収に起因した伝送損失が生じる波長1. 38 μm を含む波長1. 37 μm ～1. 43 μm の範囲内に零分散波長が設定され、逆に、該波長範囲を挟む1. 3 μm 波長帯近傍及び1. 5 μm 波長帯近傍への零分散波長の設定が避けられている。なお、波長1. 38 μm を含むこの波長帯を信号光波長帯として利用する場合には、零分散波長を1. 45 μm よりも大きくかつ1. 50 μm 以下の範囲内に設定してもよい。このように、この発明に係る光ファイバは、零分散波長を含む所定の波長帯域を避

15 けた1. 3 μm 波長帯及び1. 55 μm 波長帯が信号光波長帯域として利用されることにより、これら波長帯域において意図的に分散を生じさせ、逆に四光波混合の発生を効果的に抑制している。上述のように、1. 37 μm ～1. 43 μm の範囲内に零分散波長を設定すると、増幅帯域が1. 47 μm 波長帯にあるツリ

20 ツム添加ファイバ増幅器を利用するによりさらに伝送帯域を広げることができる。一方、脱水処理等を施すことにより上記OH吸収ピークを低く抑え、波長1. 38 μm を含む波長帯域を信号光波長帯域として利用する場合には、係る波長帯域において意図的に分散を発生させるべく、零分散波長を波長1. 45 μm よりも大きく1. 50 μm 以下に設定してもよい。

25 また、この発明に係る光ファイバは、上記零分散波長における分散スローブの絶対値が0. 10 ps/nm²/km以下（好ましくは波長1. 55 μm において0. 06 ps/nm²/km以下）であり、1. 3 μm 波長帯及び1. 55 μm 波長帯における分散の均一化が実現できる。このとき、当該光ファイバでは、波長1. 3 μm における分散D_{1,3}の絶対値、及び波長1. 55 μm における分散D_{1,65}の絶対値それぞれが、6 ps/nm/km以上12 ps/nm/km以下である。1. 3 μm 波長帯に零分散波長を有する標準的なシングルモード光ファイバの、1. 55 μm 波長帯における分散値が17 ps/nm/km程度であることを考慮しても、1. 3 μm 波長帯及び1. 55 μm 波長帯それにおける当該光ファイバの分散の絶対値は十分小さいので（12 ps/nm/km以下）、光通信の利用により適している。一方、これら波長帯では適度に分散が発生するので（6 ps/nm/km以上）、四光波混合の発生を効率的に避けることができる。

さらに、この発明に係る光ファイバは、伝送路長が数百m以下でカットオフ波長が1. 3 μm 以下であるのがシングルモードを保証する観点から好ましい。この場合、1. 3 μm 波長帯及び1. 55 μm 波長帯それにおいて基底モード光のみが伝播し得る。比較的長距離（伝送路長が数km以下）の伝送では、カットオフ波長が1. 3 μm 以下であるのがシングルモードを保証する観点から好ましい。この場合、1. 3 μm 波長帯及び1. 55 μm 波長帯それにおいて基底モード光のみが伝播し得る。

トオフ波長の距離依存性を考慮すると、カットオフ波長は $1.45 \mu\text{m}$ 以下でもよい。なお、この明細書において、カットオフ波長は CCITT 規格に規定されているように、長さ 2 m の光ファイバを半径 140 mm で 1 ターン だけ巻いた状態で測定された LP 11 モードのカットオフ波長である。また、曲げ損失を低減する観点では、カットオフ波長が $1.0 \mu\text{m}$ を下回ると、曲げ損失が著しく増加する場合がある。そのため、該カットオフ波長は $1.05 \mu\text{m}$ 以上、さらには $1.30 \mu\text{m}$ 以上であるのが好ましい。

以上のように、この発明に係る光ファイバは、 $1.3 \mu\text{m}$ 波長帯及び $1.55 \mu\text{m}$ 波長帯の双方を避けた波長範囲に零分散波長を設定し、かつ各波長帯における分散値の小さなシングルモード光ファイバであるため、複数の波長帯域を利用した光通信システムの伝送媒体に適している。

この発明に係る光ファイバは、波長 $1.30 \mu\text{m}$ ~ $1.55 \mu\text{m}$ の範囲において分散スローフが単調に変化するのが好ましい（図 1 B に示されたケースでは単調増加）。この場合、波長 $1.20 \mu\text{m}$ ~ $1.60 \mu\text{m}$ の範囲内に零分散波長を 1 つのみ設定することができる、加えて、 $1.3 \mu\text{m}$ 波長帯及び $1.55 \mu\text{m}$ 波長帯それにおける分散が零に近づくことがない点でも好ましい（分散が零に近づくと非線形光学現象が生じ易くなる）。

この発明に係る光ファイバは、直径 3.2 mm で巻かれたときの波長 $1.55 \mu\text{m}$ における曲げ損失が $0.5 \text{ dB}/\text{ターン}$ 以下、さらには $0.06 \text{ dB}/\text{ターン}$ 以下であるのが好ましい。この場合、曲げ損失が十分に小さいので、ケーブル化等に起因した損失増加を効果的に抑制することができる。なお、この曲げ損失 (d B/ターン) は、直径 3.2 mm のマンドレル (mandrel) に巻き付けられた光ファイバについて、波長 $1.55 \mu\text{m}$ の光の伝送損失を 1 ターン 当たりの損失値に換算した値である。

この発明に係る光ファイバは、波長 $1.55 \mu\text{m}$ における実効断面積 A_{eff} が $4.5 \mu\text{m}^2$ 以上、さらには $4.9 \mu\text{m}^2$ よりも大きいことが好ましい。この値は、 $1.$

5 μm 波長帯に零分散波長を有する従来の分散シフト光ファイバにおける実効断面積と同等以上であり、単位面積当たりの光強度が小さくなるので、四光波混合等の非線形光学現象の発生が効果的に抑制される。

この発明に係る光ファイバは、波長 $1.38 \mu\text{m}$ における OH 吸収に起因した伝送損失の増加量 α が 0.1 dB/km 以下であることが好ましい。光通信に適用可能な波長帯域が広くなり、さらに大容量光通信が可能となるからである。なお、波長 $1.38 \mu\text{m}$ を含む波長帯域を信号光波長帯域として利用する場合には、非線形光学現象の発生を抑制するため、該波長帯域を避けた波長 $1.45 \mu\text{m}$ も大きくかつ波長 $1.50 \mu\text{m}$ 以下の範囲内に零分散波長を設計するのが好ましい。

この発明に係る光ファイバは、純シリカ（故意には不純物が添加されていないシリカ）の屈折率を基準とした比屈折率差の最大値が 1% 以下であつて最小値が -0.5% 以上である屈折率プロファイルを有するのが好ましい。例えば Ge 元素が添加される高屈折率領域の、純シリカに対する比屈折率差は 1% 以下であつて、例えば F 元素が添加される低屈折率領域の、純シリカに対する比屈折率差は -0.5% 以上であるので、製造が比較的容易であり、また、伝送損失の小さな光伝送媒体が得られる。なお、より製造を容易にするためには、純シリカの屈折率を基準とした比屈折率差の最小値は -0.2% 以上、より好ましくは -0.1% 以上、よりも大きいことが好ましい。

次に、この発明に係る光ファイバの第 1 ~ 2 2 実施例を図 2 A、図 2 B、及び図 3 ~ 図 10 を用いて説明する。

（第 1 実施例）

図 2 A は、第 1 実施例に係る光ファイバ 100 の断面構造を示す図であり、図 2 B は、図 1 A に示された光ファイバ 100 の屈折率プロファイルである。この第 1 実施例に係る光ファイバ 100 は、所定軸に沿って伸びた屈折率 n を有する外径 2 a のコア領域 110 と、該コア領域 110 の外周に設けられた屈折率 n

n_2 を (n_1) 有するクラッド領域 1 2 0 を備える。なお、コア領域 1 1 0 の屈折率は、クラッド領域 1 2 0 の屈折率よりも大きい。コア領域 1 1 0 の外径 2 a は $5 \cdot 2 \mu\text{m}$ あり、クラッド領域 1 2 0 を基準としたコア領域 1 1 0 の比屈折率差 Δ_1 は $0 \cdot 5\%$ である。このような光ファイバは、シリカをベースとして、例えば、コア領域 1 1 0 に Ge 元素を添加することにより得られる。

5 図 2 B に示された屈折率プロファイル 1 5 0 の横軸は、図 2 A 中の線 L に沿った、コア領域 1 1 0 の中心軸に対して垂直な断面上の各部位に相当している。したがって、図 2 B の屈折率プロファイル 1 5 0 において、領域 1 5 1 はコア領域 1 1 0 の線 L 上の各部位における屈折率、領域 1 5 2 はクラッド領域 1 2 0 の線 L 上の各部位における屈折率をそれぞれ示している。

10 なお、最外郭のクラッド領域 1 2 0 に対するコア領域 1 1 0 の比屈折率差 Δ_1 は、以下のように定義される。

$$\Delta_1 = (n_1 - n_2) / n_2$$

ここで、 n_1 はコア領域 1 1 0 の屈折率、 n_2 はクラッド領域 1 2 0 の屈折率である。また、この明細書では、比屈折率差 Δ は百分率で表示されており、上記定義における各領域の屈折率は順不同である。したがって、 Δ が負の値の場合、対応する領域の屈折率はクラッド領域 1 2 0 の屈折率よりも低いことを意味する。

この第 1 実施例に係る光ファイバの零分散波長は $1 \cdot 44 \mu\text{m}$ あり、波長 $1 \cdot 20 \mu\text{m} \sim 1 \cdot 60 \mu\text{m}$ の範囲には該零分散波長が 1 つのみ存在している。該零分散波長における分散スロープは $0 \cdot 060 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 、波長 $1 \cdot 55 \mu\text{m}$ における分散スロープは $0 \cdot 054 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 、カットオフ波長が $0 \cdot 96 \mu\text{m}$ である。また、少なくとも波長 $1 \cdot 30 \mu\text{m} \sim 1 \cdot 55 \mu\text{m}$ の範囲において分散スロープは単調に増加しており、具体的には、波長 $1 \cdot 20 \mu\text{m}$ における分散が $-18 \cdot 5 \text{ ps/nm}/\text{km}$ 、波長 $1 \cdot 30 \mu\text{m}$ における分散が $9 \cdot 6 \text{ ps/nm}/\text{km}$ 、波長 $1 \cdot 45 \mu\text{m}$ における分散が $0 \cdot 6 \text{ ps/nm}/\text{km}$ 、波長 $1 \cdot 60 \mu\text{m}$ における分散が $6 \cdot 2 \text{ ps/nm}/\text{km}$ 、波長 $1 \cdot 60 \mu\text{m}$ における分散が $6 \cdot 2 \text{ ps/nm}/\text{km}$ である。

5 次に、図 3 は、第 2 実施例に係る光ファイバの屈折率プロファイルである。この第 2 実施例に係る光ファイバの基本構造は、図 2 A に示された第 1 実施例に類似しており、図 2 A に示されたクラッド領域 1 2 0 がティアレストクラッド構造を有する点が第 1 実施例と異なっている。図 2 A を参照して説明すると、第 2 実施例に係る光ファイバは、屈折率 n_1 を有する外径 2 a のコア領域 1 1 0 と、該領域 1 1 0 の外周に設けられたクラッド領域 1 2 0 を備えている。該クラッド領域 1 2 0 は、コア領域 1 1 0 に接して設けられた屈折率 n_3 ($< n_1$) を有する外径 2 b の内側クラッドと、該内側クラッドの外周に設けられた屈折率 n_2 ($< n_1, > n_3$) を有する外側クラッドにより構成されている。なお、コア領域 1 1 0 の外径 2 a は $5 \cdot 2 \mu\text{m}$ であり、内側クラッドの外径 2 b は $10 \cdot 9 \mu\text{m}$ である。また、外側クラッド領域の屈折率 n_2 を基準とした、コア領域の比屈折率差 Δ_1 ($= (n_1 - n_2) / n_2$) は $0 \cdot 55\%$ 、内側クラッドの比屈折率差 Δ_3 ($= (n_3 - n_2) / n_2$) は $-0 \cdot 05\%$ である。このような光ファイバは、シリカをベースとして、例えば、コア領域に Ge 元素が添加され、内側クラッドに F 元素が添加されることにより得られる。

15 図 3 に示された屈折率プロファイル 2 5 0 と図 2 A に示された断面構造との関係について説明すると、該屈折率プロファイル 2 5 0 の横軸は、図 2 A 中の L 上に沿った、コア領域 1 1 0 の中心軸に対して垂直な断面上の各部位に相当している。したがって、図 3 の屈折率プロファイル 2 5 0 において、領域 2 5 1 はコア領域 1 1 0 の線 L 上の各部位における屈折率、領域 2 5 2 はクラッド領域 1 2 0 を構成する内側クラッドの線 L 上の各部位における屈折率、領域 2 5 3 はクラッド領域 1 2 0 を構成する外側クラッドの線 L 上の各部位における屈折率を、それ

モルタルの種類

この第2実施例に係る光ファイバの零分散波長は1.46 μm であり、波長1.20 μm ～1.60 μm の範囲内には該零分散波長が1つのみ存在している。該零分散波長における分散スロープは0.053 $\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ 、波長1.55 μm における分散スロープは0.049 $\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ 、カットオフ波長は0.93 μm である。また、少なくとも波長1.30 μm ～1.55 μm の範囲において分散スロープは単調に増加しており、具体的には、波長1.20 μm における分散が-1.8.5 $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 、波長1.30 μm における分散が-1.0.1 $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 、波長1.45 μm における分散が-0.5 $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 、波長1.55 μm における分散が4.3 $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 、波長1.60 μm における分散が6.7 $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ である。さらに、直径3.2 mmで巻かれたときの波長1.55 μm における出げ損失は、1ターン当たり0.20 dBであり、波長1.55 μm における実効断面積 A_{eff} は4.7..2 μm^2 である。

15 (管3事例)

図4は、第3実施例に係る光ファイバの屈折率プロファイルである。この第2実施例に係る光ファイバの基本構造も、図2Aに示された第1実施例に類似しており、図2Aに示されたコア領域110が第1コアと第2コアで構成された点が第1実施例と異なる。図2Aを参照して第3実施例に係る光ファイバの構造を説明すると、コア領域110は、光軸中心に最大屈折率 n_2 (n_1)を有する外径2aの第1コアと、該第1コアの外周に設けられた屈折率 n_3 (n_1)を有する外径2bの第2コアとを備える。第2コアの外周に設けられたクラッド領域120の屈折率は n_3 (n_2)である。

図4に示された屈折率プロファイル350と図2Aに示された断面構造との関係について説明すると、該屈折率プロファイル350の横軸は、図2A中の線L

したがって、図4の屈折率プロファイル350において、領域351はコア領域110を構成する第1コアの線L₁上の各部位における屈折率、領域352はコア領域110を構成する第2コアの線L₂上の各部位における屈折率、領域353は領域110を構成する第1コアの外径2aは6.4μmであり、領域110を構成する第2コアの外径2bは16.0μmである。クラッド領域120の屈折率n₃を基準とした、第1コアの比屈折率差△₁、(=(n₁-n₃)/n₃)は0.60%、第2コアの比屈折率差△₂、(=(n₂-n₃)/n₃)は0.10%である。このような光ファイバは、シリカをベースとして、例えば、第1コア及び第2コアをそれぞれに適切な量のGe元素が添加されることにより得られる。

この第3実施例に係る光ファイバの零分散波長は1.42μmであり、波長1.20μm～1.60μmの範囲内には該零分散波長が1つのみ存在している。該零分散波長における分散スローパーは0.079ps/nm²/km、波長1.55μmにおける分散スローパーは0.070ps/nm²/km カットオフ波長

は1.19μmである。また、少なくとも波長1.30μm～1.55μmの範囲において分散スロープは単調に増加しており、具体的には、波長1.20μmにおける分散が-2.0. 8ps/nm/km、波長1.30μmにおける分散が-1.0. 6ps/nm/km、波長1.45μmにおける分散が2.1ps/nm/km、波長1.55μmにおける分散が9.3ps/nm/km、波長1.60μmにおける分散が1.2. 8ps/nm/kmである。さらに、直径3.2mで巻まれたときの波長1.55μmにおける曲げ損失は、1ターン当たり0.06dBであり、波長1.55μmにおける実効断面積Aeffは6.3. 6μm²である。

図5は、第4実施例に係る光ファイバの屈折率プロファイルである。この第4実施例に係る光ファイバは、図2Aに示された第1実施例と同様にコア領域11

५२

(第4実施例)

図3は、第4美術館に於ける元ノーブルの「伝承」ノンソノリルである。この美術館に於ける第1事件例と同様にコラージュされた第2事件例である。

0とクラッド領域120を備える。ただし、クラッド領域120がティプレスト構造を備える点で上述の第3実施例と異なる。図2Aを参照して第4実施例に係る光ファイバの構造を説明すると、第3実施例と同様に、コア領域110は、光軸中心に最大屈折率n₁を有する外径2aの第1コアと、該第1コアの外周に設けられた屈折率n₁(< n₁)を有する外径2bの第2コアとを備えている。クラッド領域120は、第2コアの外周に接して設けられた屈折率n₄(< n₂)を有する外径2cの内側クラッドと、該内側クラッドの外周に設けられた屈折率n₃(> n₄, < n₂)を有する外側クラッドを備える。

図5に示された屈折率プロファイル450と図2Aに示された断面構造との関係について説明すると、該屈折率プロファイル450の横軸は、図2A中の線Lに沿った、コア領域110の中心軸に対して垂直な断面上の各部位に相当している。したがって、図5の屈折率プロファイル450において、領域451はコア領域110を構成する第1コアの線L上の各部位における屈折率、領域452はコア領域110を構成する第2コアの線L上の各部位における屈折率、領域453はクラッド領域120を構成する内側クラッドの線L上の各部位における屈折率、領域454はクラッド領域120を構成する外側クラッドの線L上の各部位における屈折率を、それぞれ示している。なお、第1コアの外径2aは6.3μm、第2コアの外径2bは16.1μm、内側クラッドの外径2cは28.8μmである。シリカの外側クラッドの屈折率を基準とした、第1コアの比屈折率差 Δ_1 (=(n₁-n₃)/n₃)は0.60%、第2コアの比屈折率差 Δ_2 (=(n₂-n₃)/n₃)は0.10%、内側クラッドの比屈折率差 Δ_4 (=(n₄-n₃)/n₃)は-0.05%である。このような光ファイバは、シリカをベースとして、例えば、第1コア及び第2コアそれぞれに適切な量のGe元素を添加し、内側クラッドにF元素を添加することにより得られる。

この第4実施例に係る光ファイバの零分散波長は1.41μmであり、波長1.20μm～1.60μmの範囲には該零分散波長が1つのみ存在している。該零

分散波長における分散スロープは0.081ps/nm²/km、波長1.55μmにおける分散スロープは0.070ps/nm²/km、カットオフ波長は1.15μmである。また、少なくとも波長1.30μm～1.55μmの範囲において分散スロープは単調に増加しており、具体的には、波長1.20μmにおける分散が-20.3ps/nm/km、波長1.30μmにおける分散が-9.9ps/nm/km、波長1.45μmにおける分散が3.1ps/nm²/km、波長1.55μmにおける分散が10.2ps/nm/km、波長1.60μmにおける分散が13.7ps/nm/kmである。さらに、直径32.0μmにおける波長1.55μmにおける曲げ損失は、1ターン当たり0.04dBであり、波長1.55μmにおける実効断面積A_{eff}は6.2.0μm²である。

(第5実施例)

図6は、第5実施例に係る光ファイバの屈折率プロファイルである。この第5実施例に係る光ファイバの基本構造も、図2Aに示された第1実施例に類似しており、コア領域110とクラッド領域120から構成されている。図2Aに示された第5実施例に係る光ファイバの構造を説明すると、クラッド領域120に囲まれたコア領域110は、所定軸に沿って伸びた屈折率n₁(< n₁)を有する外径2aの第1コアと、該第1コアの外周に設けられた屈折率n₂(< n₁)を有する外径2bの第2コアと、該第2コアの外周に設けられた屈折率n₃(> n₂, < n₁)を有する外径2cの第3コアとを備える。第3コアの外周に設けられたクラッド領域120の屈折率は、n₄(< n₁, < n₂)である。

図6に示された屈折率プロファイル550と図2Aに示された断面構造との関係について説明すると、該屈折率プロファイル550の横軸は、図2A中の線Lに沿った、コア領域110の中心軸に対して垂直な断面上の各部位に相当している。したがって、図6の屈折率プロファイル550において、領域551はコア領域110を構成する第1コアの線L上の各部位における屈折率、領域552はコア領域110を構成する第2コアの線L上の各部位における屈折率、領域553はクラッド領域120を構成する内側クラッドの線L上の各部位における屈折率、領域554はクラッド領域120を構成する外側クラッドの線L上の各部位における屈折率を、それぞれ示している。なお、第1コアの外径2aは6.3μm、第2コアの外径2bは16.1μm、内側クラッドの外径2cは28.8μmである。シリカの外側クラッドの屈折率を基準とした、第1コアの比屈折率差 Δ_1 (=(n₁-n₃)/n₃)は0.60%、第2コアの比屈折率差 Δ_2 (=(n₂-n₃)/n₃)は0.10%、内側クラッドの比屈折率差 Δ_4 (=(n₄-n₃)/n₃)は-0.05%である。このような光ファイバは、シリカをベースとして、例えば、第1コア及び第2コアそれぞれに適切な量のGe元素を添加し、内側クラッドにF元素を添加することにより得られる。

この第4実施例に係る光ファイバの零分散波長は1.41μmであり、波長1.20μm～1.60μmの範囲には該零分散波長が1つのみ存在している。該零

コア領域110を構成する第2コアの線L₁上の各部位における屈折率、領域110はコア領域110を構成する第3コアの線L₁上の各部位における屈折率、領域554はクラッド領域120の線L₁上の各部位における屈折率を、それぞれ示している。なお、第1コアの外径2aは5.3μm、第2コアの外径2bは1.0.0μm、第3コア領域の外径2cは1.6.6μmである。クラッド領域の屈折率を基準とした、第1コアの比屈折率差 Δ_1 、($(n_1 - n_4) / n_4$)は0.58%、第2コアの比屈折率差は $n_2 = n_4$ に設定されているため0%、第3コアの比屈折率差 Δ_3 、($(n_3 - n_4) / n_4$)は0.14%である。このような光ファイバは、シリカをベースとして、例えば、第1コア及び第3コアそれぞれに適切な量のGe元素を添加することにより得られる。

この第5実施例に係る光ファイバの零分散波長は1.48μmであり、波長1.20μm～1.60μmの範囲には該零分散波長が1つのみ存在している。該零分散波長における分散スロープは0.064ps/nm²/km、波長1.55μmにおける分散スロープは0.064ps/nm²/km、カットオフ波長は1.24μmである。また、少なくとも波長1.30μm～1.55μmの範囲において分散スロープは単調に増加しており、具体的には、波長1.20μmにおける分散が-2.0.3ps/nm/km、波長1.30μmにおける分散が-1.9ps/nm/km、波長1.45μmにおける分散が4.8ps/nm/km、波長1.11.9ps/nm/km、波長1.45μmにおける分散が-1.9ps/nm/km、波長1.55μmにおける分散が4.8ps/nm/km、波長1.60μmにおける分散が8.0ps/nm/kmである。さらに、直徑3.2mmで巻かれたときの波長1.55μmにおける曲げ損失は、1ターン当たり0.0008dBであり、波長1.55μmにおける実効断面積A_{eff}は5.3.9μm²である。

(第6実施例)

25 図7は、第6実施例に係る光ファイバの屈折率プロファイルである。この第6実施例に係る光ファイバの基本構造も、図2Aに示された第1実施例と同様にコ

ア領域110とクラッド領域120を備える。ただし、クラッド領域120がプレストクラッド構造を備えている点が第5実施例と異なる。図2Aを参照して第6実施例に係る光ファイバの構造を説明すると、コア領域110は、所定軸に沿って伸びた屈折率n₁を有する外径2aの第1コアと、該第1コアの外周に設けられた屈折率n₂を(< n₁)有する外径2bの第2コアと、該第2コアの外周に設けられた屈折率n₃を(< n₁、> n₂)有する外径2cの第3コアとを備える。ティプレストクラッド構造のクラッド領域120は、第3コアの外周に設けられた屈折率n₄、(< n₃)を有する外径2dの内側クラッドと内側クラッドの外周に設けられた屈折率n₅、(< n₃、> n₄)を有する外側クラッドとを備える。

図7に示された屈折率プロファイル650と図2Aに示された断面構造との関係について説明すると、該屈折率プロファイル650の横軸は、図2A中の線L₁に沿った、コア領域110の中心軸に対して垂直な断面上の各部位に相当している。したがって、図7の屈折率プロファイル650において、領域651はコア領域110を構成する第1コアの線L₁上の各部位における屈折率、領域652はコア領域110を構成する第2コアの線L₁上の各部位における屈折率、領域653はコア領域110を構成する第3コアの線L₁上の各部位における屈折率、領域654はクラッド領域120を構成する内側クラッドの線L₁上の各部位における屈折率を、それぞれ示している。なお、第1コアの外径2aは5.7μm、第2コアの外径2bは1.6.2μm、第3コア領域の外径2cは2.0μmであり、内側クラッドの外径2dは3.4.4μmである。また、外側クラッド領域の屈折率を基準とした、第1コアの比屈折率差 Δ_1 、($(n_1 - n_4)$ / n₄)は0.50%、第2コアの比屈折率差 Δ_2 はn₂ = n₄に設定されているため0%、第3コアの比屈折率差 Δ_3 、($(n_3 - n_4) / n_4$)は0.16%、内側クラッドの比屈折率差 Δ_4 、($(n_5 - n_4) / n_4$)は-0.10%である。このよ

うな光ファイバは、シリカをベースとして、例えば、第1コア及び第3コアそれ自身に適切な量のGe元素を添加し、内側クラッドにF元素を添加することにより得られる。

この第6実施例に係る光ファイバの零分散波長は1.42μmであり、波長1.20μm～1.60μmの範囲には該零分散波長が1つのみ存在している。該零分散波長における分散スロープは0.056ps/nm²/km、波長1.55μmにおける分散スロープは0.052ps/nm²/km、カットオフ波長は1.23μmである。また、少なくとも波長1.30μm～1.55μmの範囲において分散スロープは単調に増加しており、具体的には、波長1.20μmにおける分散が-16.4ps/nm/km、波長1.30μmにおける分散が-7.9ps/nm/km、波長1.45μmにおける分散が1.6ps/nm/km、波長1.55μmにおける分散が6.6ps/nm/km、波長1.60μmにおける分散が9.2ps/nm/kmである。さらに、直径32mmで巻かれたときの波長1.55μmにおける曲げ損失は、1ターン当たり0.02dBであり、波長1.55μmにおける実効断面積Aeffは57.1μm²である。

(第7及び第8実施例)

図8は、第7及び第8実施例に係る光ファイバの屈折率プロファイルである。これら第7及び第8実施例は同じ構造を備え、いずれも図2Aに示された第1実施例と同様にコア領域110とクラッド領域120を備える。図2Aを参照して第7及び第8実施例に係る光ファイバの構造を説明すると、コア領域110は、所定軸に沿って伸びた屈折率n₁を有する外径2bの第1コアと、該第1コアの外周に設けられた屈折率n₂を(>n₁)有する外径2aの第2コアを備える。第2コアの外周に設けられたクラッド領域120の屈折率はn₃(< n₂)である。

図8に示された屈折率プロファイル750と図2Aに示された断面構造との関係について説明すると、該屈折率プロファイル750の横軸は、図2A中の線L₂₅であり、線L₁～線L₄における実効断面積A_{eff}は67.3μm²である。

に沿った、コア領域110の中心軸に対して垂直な断面上の各部位に相当している。したがって、図8の屈折率プロファイル750において、領域751はコア領域110を構成する第1コアの線L₁上の各部位における屈折率、領域752はコア領域110を構成する第2コアの線L₂上の各部位における屈折率、領域753はクラッド領域120の線L₃上の各部位における屈折率を、それぞれ示している。

なお、第7実施例に係る光ファイバにおいて、第1コアの外径2aは2.8μm、第2コアの外径2bは5.6μmである。クラッド領域の屈折率を基準とした、第1コアの比屈折率差△₁(=n₁-n₃)に設定されるため0%であり、第2コア領域の比屈折率差△₂(=(n₂-n₃)/n₃)は0.7%である。このような光ファイバは、シリカをベースとして、例えば、第2コアにGe元素を添加することにより得られる。

この第7実施例に係る光ファイバの零分散波長は1.41μmであり、波長1.20μm～1.60μmの範囲には該零分散波長が1つのみ存在している。該零分散波長における分散スロープは0.075ps/nm²/km、波長1.55μmにおける分散スロープは0.061ps/nm²/km、カットオフ波長は1.10μmである。また、少なくとも波長1.30μm～1.55μmにおいて分散スロープは単調に増加しており、具体的には、波長1.20μmにおける分散が-20.1ps/nm/km、波長1.30μmにおける分散が-9.3ps/nm/km、波長1.45μmにおける分散が12.4ps/nm/km、波長1.55μmにおける分散が19.4ps/nm/km、波長1.60μmにおける分散が9.4ps/nm/km、波長1.70μmにおける分散が12.4ps/nm/kmである。さらに、直徑32mmで巻かれたときの波長1.55μmにおける曲げ損失は、1ターン当たり0.02dBであり、波長1.55μmにおける実効断面積A_{eff}は57.1μm²である。

一方、第8実施例に係る光ファイバにおいて、第1コアの外径2aは3.2μm、第2コアの外径2bは6.4μmである。また、クラッド領域の屈折率を基

単とした、第1コアの比屈折率差 Δ_1 、($= (n_1 - n_3) / n_3$)は -0.2% 、第2コアの比屈折率差 Δ_2 、($= (n_2 - n_3) / n_3$)は 0.7% である。このような光ファイバは、シリカをベースとして、例えば、第1コアにF元素を添加し、第2コアにGe元素を添加することにより得られる。

この第8実施例に係る光ファイバの分散波長は $1.42\mu\text{m}$ であり、波長 $1.20\mu\text{m} \sim 1.60\mu\text{m}$ の範囲には該分散波長が1つのみ存在している。該分散波長における分散スロープは $0.084\text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 、波長 $1.55\mu\text{m}$ における分散スロープは $0.068\text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 、カットオフ波長は $1.17\mu\text{m}$ である。また、少なくとも波長 $1.30\mu\text{m} \sim 1.55\mu\text{m}$ の範囲において分散スロープは単調に増加しており、具体的には、波長 $1.20\mu\text{m}$ における分散が -22.9 ps/nm/km 、波長 $1.30\mu\text{m}$ における分散が 2.4 ps/nm/km 、波長 $1.45\mu\text{m}$ における分散が 9.9 ps/nm/km 、波長 $1.60\mu\text{m}$ における分散が 13.2 ps/nm/km である。さらに、直径 3.2 mm で巻かれたときの波長 $1.55\mu\text{m}$ における曲げ損失は、1ターン当たり 0.2 dB であり、波長 $1.55\mu\text{m}$ における実効断面積 A_{eff} は $79.1\mu\text{m}^2$ である。

(第9及び第10実施例)

図9は、第9及び第10実施例に係る光ファイバの屈折率プロファイルである。これら第9及び第10実施例は同じ構造を備え、いすれも図2Aに示された第1実施例と同様にコア領域 1.10 とクラッド領域 1.20 を備える。ただし、これら第9及び第10実施例は、クラッド領域 1.20 がティプレストクラッド構造備えている点で第7及び第8実施例と異なる。図2Aを参照して第9及び第10実施例に係る光ファイバの構造を説明すると、コア領域 1.10 は、所定軸に沿つて伸びた屈折率 n_1 を有する外径 2α の第1コアと、該第1コアの外周に設けられた屈折率 n_2 を有する外径 2β の第2コアとを備える。ティプレストクラッド構造を備えるクラッド構造を備えるクラッド領域は、第2コアの外周に設けられた屈折率 n_4 、($< n_1$)を有する外径 2γ の内側クラッドと、該内側クラッドの外周に設けられた屈折率 n_3 、($> n_4$)を有する外側クラッドとを備える。

ストクラッド構造を備えるクラッド領域は、第2コアの外周に設けられた屈折率 n_4 、($< n_1$)を有する外径 2γ の内側クラッドと、該内側クラッドの外周に設けられた屈折率 n_3 、($> n_4$)を有する外側クラッドとを備える。

図9に示された屈折率プロファイル 8.50 と図2Aに示された断面構造との関係について説明すると、該屈折率プロファイル 8.50 の横軸は、図2A中の線Lに沿つた、コア領域 1.10 の中心軸に対して垂直な断面上の各部位に相当している。したがって、図9の屈折率プロファイル 8.50 において、領域 8.51 はコア領域 1.10 を構成する第1コアの線L上の各部位における屈折率、領域 8.52 はコア領域 1.10 を構成する第2コアの線L上の各部位における屈折率、領域 8.53 はクラッド領域 1.20 を構成する内側クラッドの線L上の各部位における屈折率、領域 8.54 はクラッド領域 1.20 を構成する外側クラッドの線L上の各部位における屈折率を、それぞれ示している。

なお、第9実施例に係る光ファイバにおいて、第1コアの外径 2α は $3.8\mu\text{m}$ 、第2コアの外径 2β は $7.1\mu\text{m}$ 、内側クラッドの外径 2γ は $10.6\mu\text{m}$ である。外側クラッドの屈折率を基準とした、第1コアの比屈折率差 Δ_1 は $n_1 = n_3$ に設定しているため 0% であり、第2コアの比屈折率差 Δ_2 、($= (n_2 - n_3) / n_3$)は 0.7% 、内側クラッドの比屈折率差 Δ_3 、($= (n_4 - n_3) / n_3$)は -0.2% である。このような光ファイバは、シリカをベースとして、例えば、第2コアにGe元素を添加し、内側クラッドにF元素を添加することにより得られる。

この第9実施例に係る光ファイバの零分散波長は $1.42\mu\text{m}$ であり、波長 $2.0\mu\text{m} \sim 1.60\mu\text{m}$ の範囲には該零分散波長が1つのみ存在している。該零分散波長における分散スロープは $0.077\text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 、波長 $1.55\mu\text{m}$ における分散スロープは $0.061\text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 、カットオフ波長は $2.2\mu\text{m}$ である。また、少なくとも波長 $1.30\mu\text{m} \sim 1.55\mu\text{m}$ の範囲において分散スロープは単調に増加しており、具体的には、波長 $1.20\mu\text{m}$ における分散が -22.9 ps/nm/km 、波長 $1.30\mu\text{m}$ における分散が 2.4 ps/nm/km 、波長 $1.45\mu\text{m}$ における分散が 9.9 ps/nm/km 、波長 $1.60\mu\text{m}$ における分散が 13.2 ps/nm/km である。さらに、直径 3.2 mm で巻かれたときの波長 $1.55\mu\text{m}$ における曲げ損失は、1ターン当たり 0.2 dB であり、波長 $1.55\mu\text{m}$ における実効断面積 A_{eff} は $79.1\mu\text{m}^2$ である。

おける分散が-21.6 ps/nm/km、波長1.45 μ mにおける分散が2.2 ps/nm/km、波長1.55 μ mにおける分散が9.1 ps/nm/km、波長1.60 μ mにおける分散が12.1 ps/nm²/kmである。さらに、直徑3.2mで巻かれたときの波長1.55 μ mにおける曲げ損失は、1ターン当たり0.2 dBであり、波長1.55 μ mにおける実効断面積A_{eff}は73.5 μ m²である。

一方、第10実施例に係る光ファイバにおいて、第1コアの外径2aは2.6 μ m、第2コアの外径2bは6.4 μ m、内側クラッドの外径2cは9.6 μ mである。外側クラッドの屈折率を基準とした、第1コアの比屈折率差 Δ_1 (= (n₁-n₃)/n₃) は-0.2%、第2コアの比屈折率差 Δ_2 (= (n₂-n₃)/n₃) は0.7%、内側クラッドの比屈折率差 Δ_4 (= (n₄-n₃)/n₃) は-0.2%である。このような光ファイバは、シリカをベースとして、例えは、第2コアにGe元素を添加し、第1コア及び内側クラッドそれぞれにF元素を添加することにより得られる。

この第10実施例に係る光ファイバの零分散波長は1.44 μ mであり、波長1.20 μ m～1.60 μ mの範囲には該零分散波長が1つのみ存在している。該零分散波長における分散スロープは0.070 ps/nm²/km、波長1.55 μ mにおける分散スロープは0.058 ps/nm²/km、カットオフ波長は1.18 μ mである。また、少なくとも波長1.30 μ m～1.55 μ mの範囲において分散スロープは単調に増加しており、具体的には、波長1.20 μ mにおける分散が-21.5 ps/nm/km、波長1.30 μ mにおける分散が-10.8 ps/nm/km、波長1.55 μ mにおける分散が0.7 ps/nm/km、波長1.55 μ mにおける分散が7.3 ps/nm/km、波長1.60 μ mにおける分散が10.1 ps/nm/kmである。さらに、直徑3.2mで巻かれたときの波長1.55 μ mにおける曲げ損失は、1ターン当たり0.

0.3 dBであり、波長1.55 μ mにおける実効断面積A_{eff}は59.6 μ m²である。

(第10及び第11実施例)

図10は、第11及び第12実施例に係る光ファイバの屈折率プロファイルである。これら第9及び第10実施例は同じ構造を備え、いずれも図2Aに示された第1実施例と同様にコア領域110とクラッド領域120を備える。図2Aを参照して第11及び第12実施例に係る光ファイバの構造を説明すると、コア領域110は、所定軸に沿って伸びた屈折率n₁を有する外径2aの第1コア¹である。該第1コアの外周に設けられた屈折率n₂ (>n₁) を有する外径2bの第2コア²と、該第2コアの外周に設けられた屈折率n₃ (<n₂) を有する外径2cの第3コア³と、該第3コア³の外周に設けられた屈折率n₄ (<n₂、>n₃) を有する外径2dの第4コア⁴とを備える。第4コアの外周に設けられたクラッド領域120の屈折率はn₅ (<n₄) である。

図10に示された屈折率プロファイル950と図2Aに示された断面構造との関係について説明すると、該屈折率プロファイル950は、図2A中の線Lに沿った、コア領域110の中心軸に対して垂直な断面上の各部位に相当している。したがって、図10の屈折率プロファイル950において、領域951はコア領域110を構成する第1コアの線L上の各部位における屈折率、領域952はコア領域110を構成する第2コアの線L上の各部位における屈折率、領域953はコア領域110を構成する第3コアの線L上の各部位における屈折率、領域954はコア領域110を構成する第4コアの線L上の各部位における屈折率、領域955クラッド領域120の線L上の各部位における屈折率を、それぞれ示している。

なお、第11実施例に係る光ファイバにおいて、第1コアの外径2aは2.7 μ m、第2コアの外径2bは5.4 μ m、第3コアの外径2cは8.1 μ mであり、第4コアの外径2dは10.8 μ mである。クラッド領域の屈折率を基準と

した、第1コアの比屈折率差 Δ_1 は $n_1 = n_3$ に設定されたため0%、第2コア領域の比屈折率差 Δ_2 （＝ $(n_2 - n_5) / n_5$ ）は0.8%、第3コアの比屈折率差 Δ_3 は $n_3 = n_5$ に設定されたため0%、第4コアの比屈折率差 Δ_4 （＝ $(n_4 - n_5) / n_5$ ）は0.1%である。このような光ファイバは、シリカをベースとして、例えば、第2コア及び第4コアそれぞれにGe元素を添加することにより得られる。

この第11実施例に係る光ファイバの零分散波長は1.42μmであり、波長1.20μm～1.60μmの範囲には該零分散波長が1つのみ存在している。
 10 故零分散波長における分散スロープは0.080ps/nm²/km、波長1.55μmにおける分散スロープは0.065ps/nm²/km、カットオフ波長は1.16μmである。また、少なくとも波長1.30μm～1.55μmの範囲において分散スロープは単調に増加しており、具体的には、波長1.20μmにおける分散が-2.2.5ps/nm/km、波長1.45μmにおける分散が3.4ps/nm/km、波長1.55μmにおける分散が11.0ps/nm/km、波長1.60μmにおける分散が14.5ps/nm/kmである。さらに、直径3mmで巻かれたときの波長1.55μmにおける曲げ損失は、1ターン当たり0.4dBであり、波長1.55μmにおける実効断面積Aeffは9.2.7μm²である。

15 (第13実施例)

この発明に係る光ファイバの第13実施例は、基本的に図2A及び図2Bに示されたような断面構造及び屈折率プロファイルを有する。ただし、この第13実施例に係る光ファイバは、シリカをベースにしてコア領域110を除くクラッド領域120との間に、相対的に屈折率の差を生じさせている点で第20

一方、第12実施例に係る光ファイバにおいて、第1コアの外径2aは3.2μm、第2コア領域の外径2bは7.0μm、第3コアの外径2cは9.0μm、第4コアの外径2dは12.8μmである。クラッド領域の屈折率を基準とした、第1コアの比屈折率差 Δ_1 （＝ $(n_1 - n_5) / n_5$ ）は-0.2%、第2コアの比屈折率差 Δ_2 （＝ $(n_2 - n_5) / n_5$ ）は0.6%、第3コアの比屈折率差 Δ_3 （＝ $(n_3 - n_5) / n_5$ ）は-0.2%、第4コアの比屈折率差 Δ_4 （＝ $(n_4 - n_5) / n_5$ ）は0.1%である。このような光ファイバは、シリカをベースと

して、例えば、第2コア及び第4コアそれぞれにGe元素を添加し、第1コア及び第3コアそれにF元素を添加することにより得られる。
 この第12実施例に係る光ファイバの零分散波長は1.41μmであり、波長1.20μm～1.60μmの範囲には該零分散波長が1つのみ存在している。
 5 该零分散波長における分散スロープは0.088ps/nm²/km、波長1.55μmにおける分散スロープは0.071ps/nm²/km、カットオフ波長は1.22μmである。また、少なくとも波長1.30μm～1.55μmの範囲において分散スロープは単調に増加しており、具体的には、波長1.20μmにおける分散が-2.2.5ps/nm/km、波長1.45μmにおける分散が3.4ps/nm/km、波長1.55μmにおける分散が11.0ps/nm/km、波長1.60μmにおける分散が14.5ps/nm/kmである。さらに、直径3mmで巻かれたときの波長1.55μmにおける曲げ損失は、1ターン当たり0.4dBであり、波長1.55μmにおける実効断面積Aeffは9.2.7μm²である。

10 (第13実施例)

この発明に係る光ファイバの第13実施例は、基本的に図2A及び図2Bに示されたような断面構造及び屈折率プロファイルを有する。ただし、この第13実施例に係る光ファイバは、シリカをベースにしてコア領域110を除くクラッド領域120との間に、相対的に屈折率の差を生じさせている点で第20

この第13実施例に係る光ファイバにおいて、純シリカ（屈折率n₀）のコア領域110の外径2aは5.6μmである。また、クラッド領域120の屈折率n₂（<n₀）を基準とした、コア領域110の比屈折率差 Δ_1 （＝(n₀-n₂)/n₂）は0.53%である。なお、この第13実施例では、コア領域110を

純シリカ（故意には不純物が添加されていないシリカ）で構成したが、このコア領域110には、塩素が添加されたシリカであってもよい。

この第13実施例に係る光ファイバの零分散波長は1.41μmであり、波長1.20μm～1.60μmの範囲には該零分散波長が1つのみ存在している。

該零分散波長における分散スローブは0.057ps/nm²/km、波長1.55μmにおける分散スローブは0.048ps/nm²/km、カットオフ波長は1.04μmである。また、少なくとも波長1.30μm～1.55μmの範囲において分散スローブは単調に増加しており、具体的には、波長1.20μmにおける分散が-15.7ps/nm/km、波長1.30μmにおける分散が-7.2ps/nm/km、波長1.45μmにおける分散が2.2ps/nm/km、波長1.55μmにおける分散が7.1ps/nm/km、波長1.60μmにおける分散が9.4ps/nm/kmである。さらに、直径3.2mmで巻かれたときの波長1.55μmにおける出げ損失は、1ターン当たり0.04dBであり、波長1.55μmにおける実効断面積A_{eff}は5.2.2μm²である。

加えて、この第13実施例に係る光ファイバは、波長1.55μmにおける伝送損失が0.17dB/kmであり、コア領域にGeが添加された実施例（波長1.55μmにおける伝送損失は0.20dB/km程度）と比較して、より低損失の光ファイバである。

（第14実施例）

この発明に係る光ファイバの第14実施例は、図4に示された第3実施例と同様の屈折率プロファイルを有するとともに、波長1.55μmにおいて5.0μm²程度の実効断面積を有する。ただし、この第14実施例のプロファイル形状は、第1コアの屈折率（n₁）が半径方向に均一である点で第3実施例と異なる。

この第14実施例に係る光ファイバは、上述の第3実施例と同様に、屈折率₁を有する第1コアと、該第1コアの外周に設けられた屈折率n₂（<n₁）を

有する第2コアと、該第2コアの外周に設けられた屈折率n₃（<n₂）を有するクラッド領域とを備える。

なお、この第14実施例に係る光ファイバにおいて、第1コアの外径2aは5.5μm、第2コアの外径2bは23.7μmである。また、クラッド領域の屈折率n₃を基準とした、第1コアの比屈折率差△₁（= (n₁-n₃) / n₃）は0.59%、第2コアの比屈折率差△₂（= (n₂-n₃) / n₃）は0.06%である。

この第14実施例に係る光ファイバの零分散波長は1.41μmであり、1.20μm～1.60μmの範囲には該零分散波長が1つのみ存在している。該零分散波長における分散スローブは0.065ps/nm²/km、波長1.55μmにおける分散スローブは0.055ps/nm²/km、カットオフ波長は1.25μmである。また、少なくとも波長1.30μm～1.55μmの範囲において分散スローブは単調に増加しており、具体的には、波長1.20μmにおける分散が-1.6.8ps/nm/km、波長1.30μmにおける分散が-7.7ps/nm/km、波長1.45μmにおける分散が8.5ps/nm/km、波長1.60μmにおける分散が11.2ps/nm/kmである。さらに、直径3.2mmで巻かれたときの波長1.55μmにおける曲げ損失は、1ターン当たり0.0002dBであり、波長1.55μmにおける実効断面積A_{eff}は5.0.1μm²である。

（第15実施例）

この発明に係る光ファイバの第15実施例も、図4に示された第3実施例と同様の屈折率プロファイルを有するとともに、1450nm近傍の零分散波長を有する。ただし、この第15実施例のプロファイル形状は、第1コアの屈折率（n₁）が半径方向に均一である点で第3実施例と異なる。

この第15実施例に係る光ファイバは、上述の第3実施例と同様に、屈折率n₁を有する第1コアと、該第1コアの外周に設けられた屈折率n₂（<n₁）を

1 を有する第1コアと、該第1コアの外周に設けられかつ屈折率 n_2 ($< n_1$) を有する第2コアと、該第2コアの外周に設けられかつ屈折率 n_3 ($< n_2$) を有するクラッド領域とを備える。

5 なお、この第15実施例に係る光ファイバにおいて、第1コアの外径2aは4.8 μm 、第2コアの外径2bは15.1 μm である。また、クラッド領域の屈折率 n_1 を基準とした、第1コアの比屈折率差 Δ_1 ($= (n_1 - n_3) / n_3$) は0.65%、第2コアの比屈折率差 Δ_2 ($= (n_2 - n_3) / n_3$) は0.06%である。

10 この第15実施例に係る光ファイバの零分散波長は1.46(1.457) μm であり、波長1.20 μm ~1.60 μm の範囲には該零分散波長が1つのみ存在している。該零分散波長における分散スロープは0.060 ps/nm²/km、波長1.55 μm における分散スロープは0.060 ps/nm²/km、波長1.55 μm の範囲において分散スロープは単調に増加しており、具体的には、波長5.5 μm における分散が-2.0.2 ps/nm/km、波長1.30 μm における分散が-11.1 ps/nm/km、波長1.45 mにおける分散が-0.6 ps/nm/km、波長1.55 μm における分散が5.7 ps/nm/km、波長1.60 μm における分散が8.7 ps/nm/kmである。さらに、直徑3.2 mmで巻かれたときの波長1.55 μm における曲げ損失は、1ターン当たり0.090.0006 dBであり、波長1.55 μm における実効断面積 A_{eff} は45.3 μm^2 である。

(第16実施例)

この発明に係る光ファイバの第16実施例は、図6に示された第5実施例と同様の屈折率プロファイルを有するが、第2コアの屈折率 (n_2) がクラッド領域の屈折率 (n_4) よりも高く設定されている点、及び第1コアの屈折率プロファイルの形状がα系分布(図5に示されたようなドーム形状)である点で、該第5

実施例と異なる。

この第16実施例に係る光ファイバは、上述の第5実施例と同様に、最大屈折率 n_1 を有する第1コアと、該第1コアの外周に設けられかつ屈折率 n_2 ($< n_1$) を有する第2コアと、該第2コアの外周に設けられかつ屈折率 n_3 ($> n_2$ 、 $< n_1$) を有する第3コアと、該第3コアの外周に設けられかつ屈折率 n_4 ($< n_3$) を有するクラッド領域とを備える。

なお、この第16実施例に係る光ファイバにおいて、第1コアの外径2aは6.7 μm 、第2コアの外径2bは13.4 μm 、第3コアの外径2cは22.7 μm である。また、クラッド領域の屈折率 n_1 を基準とした、第1コアの比屈折率 Δ_1 ($= (n_1 - n_4) / n_4$) は0.60%、第2コアの比屈折率差 Δ_2 ($= (n_2 - n_4) / n_4$) は0.05%、第3コアの比屈折率差 Δ_3 ($= (n_3 - n_4) / n_4$) は0.11%である。

この第16実施例に係る光ファイバの零分散波長は1.47 μm であり、波長1.20 μm ~1.60 μm の範囲には該零分散波長が1つのみ存在している。該零分散波長における分散スロープは0.065 ps/nm²/km、波長1.55 μm における分散スロープは0.065 ps/nm²/km、カットオフ波長は1.37 μm である。また、少なくとも波長1.30 μm ~1.55 μm の範囲において分散スロープは単調に増加しており、具体的には、波長1.20 μm における分散が-20.2 ps/nm/km、波長1.30 μm における分散が-11.1 ps/nm/km、波長1.45 mにおける分散が-0.6 ps/nm/km、波長1.55 μm における分散が5.7 ps/nm/km、波長1.60 μm における分散が8.7 ps/nm/kmである。さらに、直徑3.2 mmで巻かれたときの波長1.55 μm における曲げ損失は、1ターン当たり0.090.0006 dBである。波長1.55 μm における実効断面積 A_{eff} は45.3 μm^2 である。

6 0 μm における分散が8.4 ps/nm/kmである。さらに、直徑3.2 mmで巻かれたときの波長1.55 μm における曲げ損失は、1ターン当たり0.02 dBであり、波長1.55 μm における実効断面積 A_{eff} は62.6 μm^2 である。

(第17実施例)

この発明に係る光ファイバの第17実施例は、図4に示された第3実施例と同様の屈折率プロファイルを有するとともに、信号光波長よりも長いカットオフ波長を有する。

この第17実施例に係る光ファイバは、上述の第3実施例と同様に、屈折率 n_1 を有する第1コアと、該第1コアの外周に設けられた屈折率 n_2 ($< n_1$)を有する第2コアと、該第2コアの外周に設けられた屈折率 n_3 ($< n_2$)を有するクラッド領域とを備える。

なお、この第17実施例に係る光ファイバにおいて、第1コアの外径2aは7.5 μm 、第2コアの外径2bは2.9.0 μm である。また、クラッド領域の屈折率 n_3 を基準とした、第1コアの比屈折率差 Δ_1 ($= (n_1 - n_3) / n_3$)は0.61%、第2コアの比屈折率差 Δ_2 ($= (n_2 - n_3) / n_3$)は0.10%である。

この第17実施例に係る光ファイバの零分散波長は1.40 μm であり、波長1.20 μm ～1.60 μm の範囲には該零分散波長が1つのみ存在している。該零分散波長における分散スロープは0.071 $\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ 、波長1.55 μm における分散スロープは0.059 $\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ 、カットオフ波長は1.78 μm である。また、少なくとも波長1.30 μm ～1.55 μm の範囲において分散スロープは単調に増加しており、具体的には、波長1.20 μm における分散が-1.7.4 $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 、波長1.30 μm における分散が-7.7 $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 、波長1.45 μm における分散が3.5 $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 、波長1.55 μm における分散が9.7 $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 、波長1.60 μm における分散が12.6 $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ である。さらに、直径3.2 mmで巻かれたときの波長1.55 μm における曲げ損失は、1ターン当たり0.0002 dBであり、波長1.55 μm における実効断面積 A_{eff} は60.3 μm^2 である。

統いて、図6及び図7に示されたようにコア領域が第1～第3コアから構成さ

れた3重構造の光ファイバについて、波長1.55 μm における分散スロープを有する複数の実施例について以下説明する。

(第18実施例)

この発明に係る光ファイバの第18実施例は、図6に示された第5実施例と同様の屈折率プロファイルを有するとともに、低分散スロープを有する光ファイバである。

この第18実施例に係る光ファイバは、上述の第5実施例と同様に、屈折率 n_1 を有する第1コアと、該第1コアの外周に設けられた屈折率 n_2 ($< n_1$)を有する第2コアと、該第2コアの外周に設けられた屈折率 n_3 ($> n_2, < n_1$)を有する第3コアと、該第3コアの外周に設けられた屈折率 n_4 ($= n_1$)を有するクラッド領域とを備える。

なお、この第18実施例に係る光ファイバは、上述の第5実施例と同様に、屈折率 n_1 を有する第1コアと、該第1コアの外周に設けられた屈折率 n_2 ($< n_1$)を有する第2コアと、該第2コアの外周に設けられた屈折率 n_3 ($> n_2, < n_1$)を有する第3コアと、該第3コアの外周に設けられた屈折率 n_4 ($= n_1$)を有するクラッド領域とを備える。

なお、この第18実施例に係る光ファイバにおいて、第1コアの外径2aは5.5 μm 、第2コアの外径2bは2.2.8 μm 、第3コアの外径2cは3.4.6 μm である。また、クラッド領域の屈折率 n_4 を基準とした、第1コアの比屈折率差 Δ_1 ($= (n_1 - n_4) / n_4$)は0.48%、第2コアの比屈折率差 Δ_2 ($= (n_2 - n_4) / n_4$)は0.12%である。

この第18実施例に係る光ファイバの零分散波長は1.41 μm であり、波長1.20 μm ～1.60 μm の範囲には該零分散波長が1つのみ存在している。該零分散波長における分散スロープは0.040 $\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ 、波長1.55 μm における分散スロープは0.040 $\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ 、カットオフ波長は1.75 μm である。また、少なくとも波長1.30 μm ～1.55 μm の範囲において分散スロープは単調に増加しており、具体的には、波長1.20 μm における分散が-1.7.4 $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 、波長1.30 μm における分散が-7.7 $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 、波長1.45 μm における分散が3.5 $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 、波長1.55 μm における分散が9.7 $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 、波長1.60 μm における分散が12.6 $\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ である。さらに、直径3.2 mmで巻かれたときの波長1.55 μm における曲げ損失は、1ターン当たり0.0002 dBであり、波長1.55 μm における実効断面積 A_{eff} は60.3 μm^2 である。

統いて、図6及び図7に示されたようにコア領域が第1～第3コアから構成さ

/km、波長1. 55μmにおける分散が6. 8 ps/nm/km、波長1. 60μmにおける分散が8. 6 ps/nm/kmである。さらに、直徑3.2mmで巻かれたときの波長1. 55μmにおける曲げ損失は、1ターン当たり0. 2dBであり、波長1. 55μmにおける実効断面積Aeffは5.7. 1μm²である。

5 (第19実施例)

この発明に係る光ファイバの第19実施例も、図6に示された第5実施例と同様の屈折率プロファイルを有するとともに、低分散スロープを有する光ファイバである。なお、当該第19実施例の屈折率プロファイルは、第2コアの屈折率(n₂)がクラッド領域の屈折率(n₄)よりも高く設定されている点で、該第5実施例や上述の第18実施例と異なる。

この第19実施例に係る光ファイバは、上述の第5実施例と同様に、屈折率n₁を有する第1コアと、該第1コアの外周に設けられかつ屈折率n₂(< n₁)を有する第2コアと、該第2コアの外周に設けられかつ屈折率n₃(> n₂、< n₁)を有する第3コアと、該第3コアの外周に設けられかつ屈折率n₄(< n₃)を有するクラッド領域とを備える。

なお、この第19実施例に係る光ファイバにおいて、第1コアの外径2aは6. 2μm、第2コアの外径2bは1.9. 9μm、第3コアの外径2cは2.8. 4μmである。また、クラッド領域の屈折率n₄を基準とした、第1コアの比屈折率差 Δ_1 、($= (n_1 - n_4) / n_4$)は0. 44%、第2コアの比屈折率差 Δ_2 、($= (n_2 - n_4) / n_4$)は0. 01%、第3コアの比屈折率差 Δ_3 、($= (n_3 - n_4) / n_4$)は0. 13%である。

この第19実施例に係る光ファイバの零分散波長は1. 38μmであり、波長1. 20μm～1. 60μmの範囲には該零分散波長が1つのみ存在している。該零分散波長における分散スロープは0. 065 ps/nm²/km、波長1. 55μmにおける分散スロープは0. 047 ps/nm²/km、カットオフ波長は1. 52μmである。また、少なくとも波長1. 30μm～1. 55μmの

範囲において分散スロープは単調に増加しており、具体的には、波長1. 20μmにおける分散が-1.4. 5 ps/nm/km、波長1. 30μmにおける分散が-5. 4 ps/nm/km、波長1. 45mにおける分散が4. 4 ps/nm/km、波長1. 55μmにおける分散が9. 4 ps/nm/km、波長1. 60μmにおける分散が11. 7 ps/nm/kmである。さらに、直徑3.2mmで巻かれたときの波長1. 55μmにおける実効断面積Aeffは6.4. 5μm²である。

6 7dBであり、波長1. 55μmにおける実効断面積Aeffは6.4. 5μm²である。

7 (第20実施例)

この免明に係る光ファイバの第20実施例は、図7に示された第6実施例と同様に、ティフレストクラッド構造の屈折率プロファイルを有するとともに、低分散スロープを有する光ファイバである。なお、当該第20実施例の屈折率プロファイルも上述の第19実施例と同様に第2コアの屈折率(n₂)がクラッド領域の屈折率(n₄)よりも高く設定されている。

この第20実施例に係る光ファイバにおいて、コア領域は、上述の第6実施例と同様に、屈折率n₁を有する第1コアと、該第1コアの外周に設けられかつ屈折率n₂(< n₁)を有する第2コアと、該第2コアの外周に設けられかつ屈折率n₃(> n₂、< n₁)を有する第3コアと、該第3コアの外周に設けられかつ屈折率n₄(< n₃)を有する内側クラッドと、該内側クラッドの外周に設けられかつ屈折率n₄(< n₃、> n₁)を有する外側クラッドとを備え、これら内側及び外側クラッドによりティフレストクラッドが構成されている。

なお、この第20実施例に係る光ファイバにおいて、第1コアの外径2aは5. 6μm、第2コアの外径2bは1.9. 7μm、第3コアの外径2cは2.8. 1μm、内側クラッドの外径2dは4.2. 0μmである。また、外側クラッドの屈折率n₄を基準とした、第1コアの比屈折率差 Δ_1 、($= (n_1 - n_4) / n_4$)は0.

55 %、第2コアの比屈折率差 Δ_2 ($= (n_2 - n_4) / n_4$) は0. 01 %、第3コアの外径2bは17. 8 μm 、第3コアの外径2cは2. 5. 4 μm 、第2コアの外径2bは17. 8 μm 、第3コアの外径2cは2. 5. 4 μm である。また、クラッド領域の屈折率 n_4 を基準とした、第1コアの比屈折率差 Δ_1 ($= (n_1 - n_4) / n_4$) は0. 16 %、内側クラッドの比屈折率差 Δ_5 ($= (n_5 - n_4) / n_4$) は-0. 05 %である。

この第20実施例に係る光ファイバの零分散波長は1. 40 μm であり、波長1. 20 μm ～1. 60 μm の範囲には該零分散波長が1つのみ存在している。

5 该零分散波長における分散スロープは0. 059 $\text{ps/nm}^2/\text{km}$ 、波長1. 55 μm における分散スロープは0. 043 $\text{ps/nm}^2/\text{km}$ 、カットオフ波長は1. 59 μm である。また、少なくとも波長1. 30 μm ～1. 55 μm の範囲において分散スロープは単調に増加しており、具体的には、波長1. 20 μm における分散が-1. 5. 8 $\text{ps/nm}/\text{km}$ 、波長1. 30 μm における分散が-6. 9 $\text{ps/nm}/\text{km}$ 、波長1. 45 μm における分散が2. 7 $\text{ps/nm}/\text{km}$ 、波長1. 55 μm における分散が7. 4 $\text{ps/nm}/\text{km}$ 、波長1. 60 μm における分散が9. 5 $\text{ps/nm}/\text{km}$ である。さらに、直径3. 2 mm で巻かれたときの波長1. 55 μm における曲げ損失は、1ターン当たり0. 0015 1dBであり、波長1. 55 μm における実効断面積 A_{eff} は50. 4 μm^2 である。

(第21実施例)

この発明に係る光ファイバの第21実施例は、図6に示された第5実施例と同様の屈折率プロファイルを有するともに、低分散スロープを有する光ファイバである。

この第21実施例に係る光ファイバは、上述の第5実施例と同様に、屈折率 n_1 を有する第1コアと、該第1コアの外周に設けられた屈折率 n_2 ($< n_1$) を有する第2コアと、該第2コアの外周に設けられた屈折率 n_3 ($> n_2$ 、 $< n_1$) を有する第3コアと、該第3コアの外周に設けられた屈折率 n_4 ($= n_2$) を有するクラッド領域とを備える。

なお、この第21実施例に係る光ファイバにおいて、第1コアの外径2aは6. 25 μm 、第2コアの外径2bは6. 25 μm 、第3コアの外径2cは2. 5 μm である。また、クラッド領域の屈折率 n_4 を基準とした、第1コアの比屈折率差 Δ_1 ($= (n_1 - n_4) / n_4$) は0. 45 %、第2コアの比屈折率差 Δ_2 ($= (n_2 - n_4) / n_4$) に設定されているため0 %、第3コアの比屈折率差 Δ_3 ($= (n_3 - n_4) / n_4$) は0. 14 %である。

この第21実施例に係る光ファイバの零分散波長は1. 40 μm であり、波長1. 20 μm ～1. 60 μm の範囲には該零分散波長が1つのみ存在している。

該零分散波長における分散スロープは0. 057 $\text{ps/nm}^2/\text{km}$ 、波長1. 55 μm における分散スロープは0. 046 $\text{ps/nm}^2/\text{km}$ 、カットオフ波長は1. 44 μm である。また、少なくとも波長1. 30 μm ～1. 55 μm の範囲において分散スロープは単調に増加しており、具体的には、波長1. 20 μm における分散が-1. 5. 2 $\text{ps/nm}/\text{km}$ 、波長1. 30 μm における分散が-6. 5 $\text{ps/nm}/\text{km}$ 、波長1. 45 μm における分散が2. 7 $\text{ps/nm}/\text{km}$ 、波長1. 55 μm における分散が7. 5 $\text{ps/nm}/\text{km}$ 、波長1. 60 μm における分散が9. 8 $\text{ps/nm}/\text{km}$ である。さらに、直径3. 2 mm で巻かれたときの波長1. 55 μm における曲げ損失は、1ターン当たり0. 1 dBであり、波長1. 55 μm における実効断面積 A_{eff} は64. 4 μm^2 である。

(第22実施例)

この発明に係る光ファイバの第22実施例は、図7に示された第6実施例と同様に、ディプレストクラッド構造の屈折率プロファイルを有するともに、低分散スロープを有する光ファイバである。なお、当該第22実施例の屈折率プロファイルでは、上述の第20実施例とは逆に第2コアの屈折率 n_2 がクラッド領域の屈折率 (n_4) よりも低く設定されている。

この第22実施例に係る光ファイバにおいて、コア領域は、上述の第6実施例と同様に、屈折率 n_1 を有する第1コアと、該第1コアの外周に設けられた屈折率 n_2 ($< n_1$) を有する第2コアと、該第2コアの外周に設けられた屈折率 n_3 ($> n_2$) を有する第3コアと、該第3コアの外周に設けられた屈折率 n_4 ($= n_2$) を有するクラッド領域とを備える。

率 n_3 ($>n_2$, $< n_1$) を有する第 3 コアとを備える。また、クラッド領域は、第 3 コアの外周に設けられかつ屈折率 n_5 ($< n_4$) を有する内側クラッドと、該内側クラッドの外周に設けられかつ屈折率 n_4 ($< n_3$, $> n_5$) を有する外側クラッドとを備え、これら内側及び外側クラッドによりディアレクチックラッド構造が構成されている。

5 なお、この第 2.2 実施例に係る光ファイバにおいて、第 1 コアの外径 2 a は 6.0 μm 、第 2 コアの外径 2 b は 1.9. 7 μm 、第 3 コアの外径 2 c は 3.0. 0 μm 、内側クラッドの外径 2 d は 4.4. 8 μm である。また、外側クラッドの屈折率 n_4 を基準とした、第 1 コアの比屈折率差 Δ_1 (= $(n_1 - n_4) / n_4$) は 0.46 %、第 2 コアの比屈折率差 Δ_2 (= $(n_2 - n_4) / n_4$) は -0.05 %、第 3 コアの比屈折率差 Δ_3 (= $(n_3 - n_4) / n_4$) は 0.16 %、内側クラッドの比屈折率差 Δ_4 (= $(n_4 - n_4) / n_4$) は -0.05 %である。

10 この第 2.2 実施例に係る光ファイバの零分散波長は 1.39 μm であり、波長 1.20 μm ～1.60 μm の範囲には該零分散波長が 1 つのみ存在している。

15 該零分散波長における分散スローフは 0.023 $\text{ps} / \text{nm}^2 / \text{km}$ 、カットオフ波長は 1.66 μm である。また、少なくとも波長 1.30 μm ～1.55 μm の範囲において分散スローフは単調に増加しており、具体的には、波長 1.20 μm における分散が -1.4. 4 $\text{ps} / \text{nm} / \text{km}$ 、波長 1.30 μm における分散が -5.7 $\text{ps} / \text{nm} / \text{km}$ 、波長 1.45 μm における分散が 5.9 $\text{ps} / \text{nm} / \text{km}$ 、波長 1.60 μm における分散が 7.0 $\text{ps} / \text{nm} / \text{km}$ である。さらに、直径 3.2 mm で巻かれたときの波長 1.55 μm における曲げ損失は、1 ターン当たり 0.3 dB であり、波長 1.55 μm における実効断面積 A_{eff} は 55.6 μm^2 である。

20 25 図 1.1 は、上述の第 1～第 1.3 実施例それぞれに係る光ファイバの諸特性をまとめた表である。また、図 1.2 は、上述の第 1.4～第 2.2 実施例それぞれに係る

光ファイバの諸特性をまとめた表である。これらの表に示されたように、第 1～第 2.2 実施例に係る光ファイバは何れも、波長 1.20 μm ～1.60 μm の範囲に零分散波長が 1 つのみ存在し、その零分散波長は波長 1.37 μm ～1.50 μm の範囲に存在している。特に、第 3～第 4、第 6～第 9、第 11～第 1.4 及び第 1.7～第 2.2 実施例では、零分散波長は波長 1.37 μm ～1.43 μm の範囲内にあり、第 2、第 5、第 1.5 及び第 1.6 実施例では、零分散波長は波長 1.45 μm よりも大きくかつ 1.55 μm 以下の範囲内にある。何れの実施例も、零分散波長における分散スローフの絶対値は 0.10 $\text{ps} / \text{nm}^2 / \text{km}$ 以下であり、カットオフ波長は 1.3 μm 以下である。したがって、これら何れの光ファイバも、1.3 μm 波長帯及び 1.55 μm 波長帯には零分散波長が存在しない一方、これら各波長帯域における分散も小さく抑えられたシングルモードであるので、複数の波長帯域を利用して光通信に適している。なお、波長 1.5 μm において、第 1、第 2、第 6、第 1.3～第 1.5 及び第 1.8～第 2.2 実施例は、波長 1.55 μm における分散スローフが 0.06 $\text{ps} / \text{nm}^2 / \text{km}$ 以下、特に第 1.8～第 2.2 実施例はさらに低い分散スローフを有する。

10 また、第 1～第 2.2 実施例に係る光ファイバは何れも、波長 1.30 μm ～1.55 μm の範囲において分散スローフが単調に変化しており、波長 1.3 μm 及び波長 1.55 μm における分散の絶対値が 1.2 $\text{ps} / \text{nm} / \text{km}$ 以下である。したがって、これら何れの光ファイバも、1.3 μm 波長帯及び 1.55 μm 波長帯における分散の絶対値が、從来の 1.3 μm 波長帯に零分散波長を有する標準的なシングルモード光ファイバの波長 1.55 μm 波長帯における分散 7 $\text{ps} / \text{nm} / \text{km}$ 程度) と比較して十分に小さい。仮に、光伝送システム全体として、上記標準的なシングルモード光ファイバの 1.55 μm 波長帯における分散値 (1.7 $\text{ps} / \text{nm} / \text{km}$ 程度) まで許容可能であれば、第 1～第 2.2 実施例それに係る光ファイバは何れも、信号光波長帯域が 1.2 μm ～1.7 μm の範囲である光通信への利用に適している。

さらに、第1～第22実施例に係る光ファイバは何れも、直径3.2mmで巻かれたときの波長1.55μmにおける曲げ損失が、1ターン当たり0.5dB以下、特に、第1～第6、第11、第13～第17、第19及び第20実施例では係る曲げ損失は0.06dB以下であり、ケーブル化等に起因する損失増加を効果的に抑制できる点で好ましい。また、第1～第22実施例に係る光ファイバは何れも、波長1.55μmにおける実効断面積A_{eff}は4.9μm²、特に、第1、第3～第14及び第16～第22実施例の実効断面積A_{eff}は4.9μm²を越えており、従来の分散シフト光ファイバの実効断面積と比べて同等かそれ以上である。このため、当該光ファイバ中を伝搬する光の、単位断面積当たりの強度が小さくなるので、四光波混合等の非線形光学現象の発生が効果的に抑制される。

なお、図2B、図3～図10に示された光ファイバの屈折率プロファイル150～950は、上述の第13実施例を除き純シリカ（故意には不純物が添加されていらないシリカ）の基準領域（クラッド領域1.20、あるいは該クラッド領域1.20がティプレストクラッド構造を有する場合には外側クラッド）の屈折率を基準とした比屈折率差の最大値が1%以下であって最小値が-0.5%以上である。第13実施例では、クラッド領域1.20にフッ素を添加することで、純シリカのコア領域とクラッド領域との屈折率の差を相対的に大きいため構成を備えるが、この実施例においてもクラッド領域1.20に対するコア領域1.10の比屈折率差の最大値は1%以下である。高屈折率領域は、例えばGe元素が添加されることにより実現されるが、その比屈折率差は1%以下であるので、当該光ファイバの製造（不純物添加による屈折率差制御）が比較的容易であり、また、伝送損失が小さくなる。一方、低屈折率領域は、例えばF元素が添加されることにより実現されるが、その比屈折率差は-0.5%以上であるので、この点でも当該光ファイバの製造は容易である。

図13は、第1実施例に係る光ファイバの波長に対する分散特性を示すグラフ中、P1、P5、P7、P9、P10、P18～P22は、それぞれ第1、第25

である。このグラフに示されたように、波長1.30μm～1.55μmの範囲において分散スロープは単調に増加している。また、図14及び図15は、脱水処理が不十分な場合と十分な場合の第1実施例に係る光ファイバの、波長に対する伝送損失特性を示すグラフである。このグラフに示されたように、波長1.38μmにおいてOH吸収に起因した伝送損失の増加が認められる。この図14に示されたような伝送損失特性を有する光ファイバでは、脱水処理が十分に行われておらずOH基の含有量が多いので、OH吸収に起因した伝送損失の増加は0.5dB/km程度である。一方、図15に示されたような伝送損失特性を有する光ファイバでは、脱水処理が十分に行われてOH基の含有量が低減されているので、OH吸収に起因した伝送損失の増加は0.01dB/km程度に抑えられている。なお、この波長帯域を信号光波長帯域として利用する場合には、零分散波長を1.45μmよりも大きくかつ1.55μm以下の範囲内に設定することもできる。第2～第12及び第14～第22実施例に係る光ファイバそれぞれの、波長に対する分散特性及び伝送損失特性も同様である。

また、図16は、脱水処理が不十分である第13実施例に光ファイバの、波長に対する伝送損失特性を示すグラフである。この第13実施例では、脱水処理が十分に行われていない場合、OH吸収に起因した伝送損失の増加（波長1.38μm）は0.3dB/kmである。ただし、この第13実施例の場合も、脱水処理が十分に行われれば、図14に示されたように波長1.3μmにおける伝送損失の増加（波長1.38μm）を0.01dB/km以下に抑えられる。

なお、この発明に係る光ファイバは、上記各実施例に限定されるものでは種々の変形が可能であり、例えば、この発明の範囲内において他にも設計が可能である。

図17Aは、主に第18～第22実施例について、波長1.55μmにおける実効断面積A_{eff}と分散スロープとの関係を示すグラフである。なお、このグラフ中、P1、P5、P7、P9、P10、P18～P22は、それぞれ第1、第25

5、第7、第9、第10及び第18～第22実施例の実効断面積 A_{eff} と分散スロープとの関係を示す点である。

このグラフからも分かるように、図6に示されたような屈折率プロファイルを有する光ファイバ(第18～第22実施例)の場合、波長1.55μmにおける分散スロープを特に低くすることができます。また、これら第18～第22実施例に係る光ファイバでは、波長1.55μmにおける実効断面積 A_{eff} が4.9μm²よりも大きくなっている。

さらに、図17Bは、主な実施例について、波長1.55μmにおけるカットオフ波長入 c と直径3.2mmで曲げられたときの1ターン当たりの曲げ損失との関係を示すグラフである。なお、このグラフにおいて、P1、P3、P4、P6、P7、P10、P14～P16は、第1、第3、第4、第6、第7、第10及び第14～第16実施例のカットオフ波長入 c と曲げ損失との関係を示す図である。また、このグラフ中、斜線部分は図6に示された屈折率プロファイルと類似している屈折率プロファイルを有する従来の光ファイバについて、カットオフ波長入 c と曲げ損失との関係を示す点が集中的にプロットされたエリアである。したがって、係るエリア(斜線部分)を避けたためには、すなわち、波長1.55μmにおいて、3.2mmでの曲げ損失を1.0dB/ターン、好ましくは0.06dB/ターン以下にするためには、カットオフ波長入 c は1.05μm以上、さらには1.3μm以上であるのが好ましい。

次に、この発明に係る光伝送システムの各実施例について説明する。図18Aは、この発明に係る光伝送システムの一実施例の概略構成を示す図である。この図に示された光伝送システムは、送信器11、12、光伝送路21、22、合波器30、光ファイバ40、分波器50、光伝送路61、62、及び受信器71、72を備えている。

送信器11は、1.3μm波長帯の信号光(第1光)を出力し、光伝送路21は、送信器11から出力された1.3μm波長帯の信号光を合波器30に導くた

めの伝送媒体であつて、例えば、1.3μm波長帯に零分散波長を有する標準的なシングルモード光ファイバである。送信器12は、1.55μm波長帯の信号光(第2光)を出力し、光伝送路22は、送信器12から出力された1.55μm波長帯の信号光を合波器30に導くための伝送媒体であつて、例えば、1.55μm波長帯を有する分散シフト光ファイバである。

合波器30は、光伝送路21、22を伝搬してきた1.3μm波長帯の信号光及び1.55μm波長帯の信号光を合波し、この合波光をて光ファイバ40へ出力する。光ファイバ40は、合波器30により合波された1.3μm波長信号光及び1.55μm波長帯の信号光を分波器50に向けた伝送する。分波器50は、光ファイバ40を伝搬してきた1.3μm波長帯の信号光及び1.55μm波長帯の信号光を分波する。

上記光ファイバ40は、上述された構造を有する、この発明に係る光ファイバであつて、波長1.20μm～1.60μmの範囲に零分散波長が1つのみ存在し、その零分散波長は波長1.37μm～1.50μmの範囲(好ましくは波長1.37μm～1.43μmの範囲又は1.45μmよりも大きく1.50μm以下)の範囲にある。また、光ファイバ40において、該零分散波長における分散スロープの絶対値は0.10ps/nm²/km以下(好ましくは波長1.55μmにおいて0.06ps/nm²/km以下)である。また、より好ましい態様として、光ファイバ40は、波長1.30μm～1.55μmの範囲において分散スロープは単調に変化しており、波長1.3μm及び波長1.55μmにおける分散の絶対値は、いずれも1.2ps/nm/km以下、直徑3.2mmにかれたときの波長1.55μmにおける曲げ損失は、1ターン当たり0.5dB以下(好ましくは0.06dB以下)、波長1.55μmにおける実効断面積 A_{eff} は4.5μm²以上(4.9μm²よりも大)、あるいは、波長1.38μmにおけるOH吸収に起因した伝送損失の増加は0.1dB/km以下である。

光伝送路61は、分波器50によって分波された1.3μm波長帯の信号光を

受信器 7 1 に導くための伝送媒体であつて、例えば、1. 3 μm 波長帯に零分散波長を有する標準的なシングルモード光ファイバである。受信器 7 1 は、光伝送路 6 1 を伝搬してきた 1. 3 μm 波長帯の信号光を受信する。一方、光伝送路 6 2 は、分波器 5 0 により分波された 1. 5 μm 波長帯の信号光を受信器 7 2 に導くための伝送媒体であつて、例えば、1. 5 5 μm 波長帯に零分散波長を有する分散シフト光ファイバである。受信器 7 2 は、光伝送路 6 2 を伝搬してきた 1. 5 μm 波長帯の信号光を受信する。

この実施例に係る光伝送システムによれば、送信器 1 1 から出力され光伝送路 2 1 を経て合波器 3 0 に到達した 1. 3 μm 波長帯の信号光と、送信器 1 2 から出力され光伝送路 2 2 を経て合波器 3 0 に到達した 1. 5 5 μm 波長帯の信号光とは、合波器 3 0 により合波され、この合波光が光ファイバ 4 0 を伝搬して分波器 5 0 に到達する。そして、分波器 5 0 に到達した合波光は、分波器 5 0 により 1. 3 μm 波長帯の信号光と 1. 5 μm 波長帯の信号光に分波される。分波された 1. 3 μm 波長帯の信号光は光伝送路 6 1 を経て受信器 7 1 に到達し、1. 5 5 μm 波長帯の信号光は光伝送路 6 2 を経て受信器 7 2 に到達する。

このように、この実施例の光伝送システムで用いられている光ファイバ 4 0 は、上述のように 1. 3 μm 波長帯及び 1. 5 5 μm 波長帯の双方において好適な光通信を実現する構造を備えているため、該光ファイバ 4 0 が適用された当該光伝送システムは大容量の通信を可能にする。

なお、この発明に係る光ファイバは、上記実施例に限定されるものではなく種々の変形が可能である。例えば、合波器 3 0 と分波器 5 0 との間に配置された伝送媒体である光ファイバ 4 0 は、図 1 8 B に示されたように、複数の光ファイバ 4 0 a ~ 4 0 c で構成されてもよい。

25 産業上の利用可能性

以上のようにこの発明によれば、当該光ファイバでは、OH吸収に起因した伝

送損失の増加が認められる波長 1. 3 8 μm を含む波長 1. 3 7 μm ~ 1. 5 0 μm の範囲、好ましくは波長 1. 3 7 μm ~ 1. 4 3 μm 又は波長 1. 4 5 μm よりも大きくかつ 1. 5 0 μm 以下の範囲に唯一の零分散波長が有し、この波長範囲を挟む 1. 3 μm 波長帯及び 1. 5 5 μm 波長帯近傍に零分散波長は存在しない。したがつて、これら波長帯域を信号光波長帯域と利用する場合、意図的な分散の発生により四光波混合等の非線形光学現象を効果的に抑制する。また、設定された零分散波長における分散スローフの絶対値は 0. 10 $\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ 以下 (好ましくは波長 1. 5 5 μm において 0. 06 $\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$) であるから、1. 3 μm 波長帯及び 1. 5 5 μm 波長帯それそれにおける分散は均一化される。このような光ファイバを光伝送システムの伝送路に適用することにより、1. 3 μm 波長帯及び 1. 5 5 μm 波長帯の双方において良好な光通信が可能になる。

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 375 380 385 390 395 400 405 410 415 420 425 430 435 440 445 450 455 460 465 470 475 480 485 490 495 500 505 510 515 520 525 530 535 540 545 550 555 560 565 570 575 580 585 590 595 600 605 610 615 620 625 630 635 640 645 650 655 660 665 670 675 680 685 690 695 700 705 710 715 720 725 730 735 740 745 750 755 760 765 770 775 780 785 790 795 800 805 810 815 820 825 830 835 840 845 850 855 860 865 870 875 880 885 890 895 900 905 910 915 920 925 930 935 940 945 950 955 960 965 970 975 980 985 990 995 1000 1005 1010 1015 1020 1025 1030 1035 1040 1045 1050 1055 1060 1065 1070 1075 1080 1085 1090 1095 1100 1105 1110 1115 1120 1125 1130 1135 1140 1145 1150 1155 1160 1165 1170 1175 1180 1185 1190 1195 1200 1205 1210 1215 1220 1225 1230 1235 1240 1245 1250 1255 1260 1265 1270 1275 1280 1285 1290 1295 1300 1305 1310 1315 1320 1325 1330 1335 1340 1345 1350 1355 1360 1365 1370 1375 1380 1385 1390 1395 1400 1405 1410 1415 1420 1425 1430 1435 1440 1445 1450 1455 1460 1465 1470 1475 1480 1485 1490 1495 1500 1505 1510 1515 1520 1525 1530 1535 1540 1545 1550 1555 1560 1565 1570 1575 1580 1585 1590 1595 1600 1605 1610 1615 1620 1625 1630 1635 1640 1645 1650 1655 1660 1665 1670 1675 1680 1685 1690 1695 1700 1705 1710 1715 1720 1725 1730 1735 1740 1745 1750 1755 1760 1765 1770 1775 1780 1785 1790 1795 1800 1805 1810 1815 1820 1825 1830 1835 1840 1845 1850 1855 1860 1865 1870 1875 1880 1885 1890 1895 1900 1905 1910 1915 1920 1925 1930 1935 1940 1945 1950 1955 1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015 2020 2025 2030 2035 2040 2045 2050 2055 2060 2065 2070 2075 2080 2085 2090 2095 2100 2105 2110 2115 2120 2125 2130 2135 2140 2145 2150 2155 2160 2165 2170 2175 2180 2185 2190 2195 2200 2205 2210 2215 2220 2225 2230 2235 2240 2245 2250 2255 2260 2265 2270 2275 2280 2285 2290 2295 2300 2305 2310 2315 2320 2325 2330 2335 2340 2345 2350 2355 2360 2365 2370 2375 2380 2385 2390 2395 2400 2405 2410 2415 2420 2425 2430 2435 2440 2445 2450 2455 2460 2465 2470 2475 2480 2485 2490 2495 2500 2505 2510 2515 2520 2525 2530 2535 2540 2545 2550 2555 2560 2565 2570 2575 2580 2585 2590 2595 2600 2605 2610 2615 2620 2625 2630 2635 2640 2645 2650 2655 2660 2665 2670 2675 2680 2685 2690 2695 2700 2705 2710 2715 2720 2725 2730 2735 2740 2745 2750 2755 2760 2765 2770 2775 2780 2785 2790 2795 2800 2805 2810 2815 2820 2825 2830 2835 2840 2845 2850 2855 2860 2865 2870 2875 2880 2885 2890 2895 2900 2905 2910 2915 2920 2925 2930 2935 2940 2945 2950 2955 2960 2965 2970 2975 2980 2985 2990 2995 3000 3005 3010 3015 3020 3025 3030 3035 3040 3045 3050 3055 3060 3065 3070 3075 3080 3085 3090 3095 3100 3105 3110 3115 3120 3125 3130 3135 3140 3145 3150 3155 3160 3165 3170 3175 3180 3185 3190 3195 3200 3205 3210 3215 3220 3225 3230 3235 3240 3245 3250 3255 3260 3265 3270 3275 3280 3285 3290 3295 3300 3305 3310 3315 3320 3325 3330 3335 3340 3345 3350 3355 3360 3365 3370 3375 3380 3385 3390 3395 3400 3405 3410 3415 3420 3425 3430 3435 3440 3445 3450 3455 3460 3465 3470 3475 3480 3485 3490 3495 3500 3505 3510 3515 3520 3525 3530 3535 3540 3545 3550 3555 3560 3565 3570 3575 3580 3585 3590 3595 3600 3605 3610 3615 3620 3625 3630 3635 3640 3645 3650 3655 3660 3665 3670 3675 3680 3685 3690 3695 3700 3705 3710 3715 3720 3725 3730 3735 3740 3745 3750 3755 3760 3765 3770 3775 3780 3785 3790 3795 3800 3805 3810 3815 3820 3825 3830 3835 3840 3845 3850 3855 3860 3865 3870 3875 3880 3885 3890 3895 3900 3905 3910 3915 3920 3925 3930 3935 3940 3945 3950 3955 3960 3965 3970 3975 3980 3985 3990 3995 4000 4005 4010 4015 4020 4025 4030 4035 4040 4045 4050 4055 4060 4065 4070 4075 4080 4085 4090 4095 4100 4105 4110 4115 4120 4125 4130 4135 4140 4145 4150 4155 4160 4165 4170 4175 4180 4185 4190 4195 4200 4205 4210 4215 4220 4225 4230 4235 4240 4245 4250 4255 4260 4265 4270 4275 4280 4285 4290 4295 4300 4305 4310 4315 4320 4325 4330 4335 4340 4345 4350 4355 4360 4365 4370 4375 4380 4385 4390 4395 4400 4405 4410 4415 4420 4425 4430 4435 4440 4445 4450 4455 4460 4465 4470 4475 4480 4485 4490 4495 4500 4505 4510 4515 4520 4525 4530 4535 4540 4545 4550 4555 4560 4565 4570 4575 4580 4585 4590 4595 4600 4605 4610 4615 4620 4625 4630 4635 4640 4645 4650 4655 4660 4665 4670 4675 4680 4685 4690 4695 4700 4705 4710 4715 4720 4725 4730 4735 4740 4745 4750 4755 4760 4765 4770 4775 4780 4785 4790 4795 4800 4805 4810 4815 4820 4825 4830 4835 4840 4845 4850 4855 4860 4865 4870 4875 4880 4885 4890 4895 4900 4905 4910 4915 4920 4925 4930 4935 4940 4945 4950 4955 4960 4965 4970 4975 4980 4985 4990 4995 5000 5005 5010 5015 5020 5025 5030 5035 5040 5045 5050 5055 5060 5065 5070 5075 5080 5085 5090 5095 5100 5105 5110 5115 5120 5125 5130 5135 5140 5145 5150 5155 5160 5165 5170 5175 5180 5185 5190 5195 5200 5205 5210 5215 5220 5225 5230 5235 5240 5245 5250 5255 5260 5265 5270 5275 5280 5285 5290 5295 5300 5305 5310 5315 5320 5325 5330 5335 5340 5345 5350 5355 5360 5365 5370 5375 5380 5385 5390 5395 5400 5405 5410 5415 5420 5425 5430 5435 5440 5445 5450 5455 5460 5465 5470 5475 5480 5485 5490 5495 5500 5505 5510 5515 5520 5525 5530 5535 5540 5545 5550 5555 5560 5565 5570 5575 5580 5585 5590 5595 5600 5605 5610 5615 5620 5625 5630 5635 5640 5645 5650 5655 5660 5665 5670 5675 5680 5685 5690 5695 5700 5705 5710 5715 5720 5725 5730 5735 5740 5745 5750 5755 5760 5765 5770 5775 5780 5785 5790 5795 5800 5805 5810 5815 5820 5825 5830 5835 5840 5845 5850 5855 5860 5865 5870 5875 5880 5885 5890 5895 5900 5905 5910 5915 5920 5925 5930 5935 5940 5945 5950 5955 5960 5965 5970 5975 5980 5985 5990 5995 6000 6005 6010 6015 6020 6025 6030 6035 6040 6045 6050 6055 6060 6065 6070 6075 6080 6085 6090 6095 6100 6105 6110 6115 6120 6125 6130 6135 6140 6145 6150 6155 6160 6165 6170 6175 6180 6185 6190 6195 6200 6205 6210 6215 6220 6225 6230 6235 6240 6245 6250 6255 6260 6265 6270 6275 6280 6285 6290 6295 6300 6305 6310 6315 6320 6325 6330 6335 6340 6345 6350 6355 6360 6365 6370 6375 6380 6385 6390 6395 6400 6405 6410 6415 6420 6425 6430 6435 6440 6445 6450 6455 6460 6465 6470 6475 6480 6485 6490 6495 6500 6505 6510 6515 6520 6525 6530 6535 6540 6545 6550 6555 6560 6565 6570 6575 6580 6585 6590 6595 6600 6605 6610 6615 6620 6625 6630 6635 6640 6645 6650 6655 6660 6665 6670 6675 6680 6685 6690 6695 6700 6705 6710 6715 6720 6725 6730 6735 6740 6745 6750 6755 6760 6765 6770 6775 6780 6785 6790 6795 6800 6805 6810 6815 6820 6825 6830 6835 6840 6845 6850 6855 6860 6865 6870 6875 6880 6885 6890 6895 6900 6905 6910 6915 6920 6925 6930 6935 6940 6945 6950 6955 6960 6965 6970 6975 6980 6985 6990 6995 7000 7005 7010 7015 7020 7025 7030 7035 7040 7045 7050 7055 7060 7065 7070 7075 7080 7085 7090 7095 7100 7105 7110 7115 7120 7125 7130 7135 7140 7145 7150 7155 7160 7165 7170 7175 7180 7185 7190 7195 7200 7205 7210 7215 7220 7225 7230 7235 7240 7245 7250 7255 7260 7265 7270 7275 7280 7285 7290 7295 7300 7305 7310 7315 7320 7325 7330 7335 7340 7345 7350 7355 7360 7365 7370 7375 7380 7385 7390 7395 7400 7405 7410 7415 7420 7425 7430 7435 7440 7445 7450 7455 7460 7465 7470 7475 7480 7485 7490 7495 7500 7505 7510 7515 7520 7525 7530 7535 7540 7545 7550 7555 7560 7565 7570 7575 7580 7585 7590 7595 7600 7605 7610 7615 7620 7625 7630 7635 7640 7645 7650 7655 7660 7665 7670 7675 7680 7685 7690 7695 7700 7705 7710 7715 7720 7725 7730 7735 7740 7745 7750 7755 7760 7765 7770 7775 7780 7785 7790 7795 7800 7805 7810 7815 7820 7825 7830 7835 7840 7845 7850 7855 7860 7865 7870 7875 7880 7885 7890 7895 7900 7905 7910 7915 7920 7925 7930 7935 7940 7945 7950 7955 7960 7965 7970 7975 7980 7985 7990 7995 8000 8005 8010 8015 8020 8025 8030 8035 8040 8045 8050 8055 8060 8065 8070 8075 8080 8085 8090 8095 8100 8105 8110 8115 8120 8125 8130 8135 8140 8145 8150 8155 8160 8165 8170 8175 8180 8185 8190 8195 8200 8205 8210 8215 8220 8225 8230 8235 8240 8245 8250 8255 8260 8265 8270 8275 8280 8285 8290 8295 8300 8305 8310 8315 8320 8325 8330 8335 8340 8345 8350 8355 8360 8365 8370 8375 8380 8385 8390 8395 8400 8405 8410 8415 8420 8425 8430 8435 8440 8445 8450 8455 8460 8465 8470 8475 8480 8485 8490 8495 8500 8505 8510 8515 8520 8525 8530 8535 8540 8545 8550 8555 8560 8565 8570 8575 8580 8585 8590 8595 8600 8605 8610 8615 8620 8625 8630 8635 8640 8645 8650 8655 8660 8665 8670 8675 8680 8685 8690 8695 8700 8705 8710 8715 8720 8725 8730 8735 8740 8745 8750 8755 8760 8765 8770 8775 8780 8785 8790 8795 8800 8805 8810 8815 8820 8825 8830 8835 8840 8845 8850 8855 8860 8865 8870 8875 8880 8885 8890 8895 8900 8905 8910 8915 8920 8925 8930 8935 8940 8945 8950 8955 8960 8965 8970 8975 8980 8985 8990 8995 9000 9005 9010 9015 9020 9025 9030 9035 9040 9045 9050 9055 9060 9065 9070 9075 9080 9085 9090 9095 9100 9105 9110 9115 9120 9125 9130 9135 9140 9145 9150 9155 9160 9165 9170 9175 9180 9185 9190 9195 9200 9205 9210 9215 9220 9225 9230 9235 9240 9245 9250 9255 9260 9265 9270 9275 9280 9285 9290 9295 9300 9305 9310 9315 9320 9325 9330 9335 9340 9345 9350 9355 9360 9365 9370 9375 9380 9385 9390 9395 9400 9405 9410 9415 9420 9425 9430 9435 9440 9445 9450 9455 9460 9465 9470 9475 9480 9485 9490 9495 9500 9505 9510 9515 9520 9525 9530 9535 9540 9545 9550 9555 9560 9565 9570 9575 9580 9585 9590 9595 9600 9605 9610 9615 9620 9625 9630 9635 9640 9645 9650 9655 9660 9665 9670 9675 9680 9685 9690 9695 9700 9705 9710 9715 9720 9725 9730 9735 9740 9745 9750 9755 9760 9765 977

請求項の範囲

1. 波長1.20μm～1.60μmの範囲内に零分散波長を1つのみ有する光ファイバであつて、前記零分散波長は波長1.37μm～1.50μmの範囲内に存在することも

5 に、前記零分散波長において正である分散スロープを有する光ファイバ。

2. 前記零分散波長は、波長1.37μm以上1.43μm以下の範囲に存在することを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

3. 前記零分散波長は、波長1.45μmよりも大きくなつて1.50μm以下の範囲に存在することを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

4. 前記分散スロープは、その絶対値が0.10ps/nm²/km以下であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

5. 波長1.55μmにおいて、0.06ps/nm²/km以下の分散スロープを有することを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

15 6. 波長1.30μm～1.55μmの範囲において、前記分散スロープは単調に変化することを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

7. 波長1.3μmにおける分散の絶対値と、波長1.55μmにおける分散の絶対値は、いずれも1.2ps/nm/km以下であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

8. 波長1.3μmにおける分散の絶対値と、波長1.55μmにおける分散の絶対値は、いずれも6ps/nm/km以上であることを特徴とする請求項7記載の光ファイバ。

9. 波長1.55μmにおいて、直径32mmで巻かれたときに0.5dB/ターン以下となる曲げ損失を有することを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

25 10. 波長1.55μmにおいて、直径32mmで巻かれたときに0.06dB/ターン以下となる曲げ損失を有することを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

11. 波長1.55μmにおいて、4.5μm²以上の実効断面積を有することを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

12. 波長1.55μmにおいて、4.9μm²よりも大きい実効断面積を有することを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

13. 波長1.38μmにおいて、OH吸収に起因した伝送損失の増加量は0.1dB/km以下であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

14. 純シリカの屈折率を基準とした比屈折率差の最大値が1%以下であつて最小値が-0.5%以上である屈折率プロファイルを有することを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

15. 純シリカの屈折率を基準とした比屈折率差の最小値が-0.2%以上である屈折率プロファイルを有することを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

16. 純シリカの屈折率を基準とした比屈折率差の最小値が-0.15%よりも大きい屈折率プロファイルを有することを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

17. 1.05μm以上のカットオフ波長を有することを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

18. 1.30μm以上のカットオフ波長を有することを特徴とする請求項17記載の光ファイバ。

19. 所定軸に沿つて伸びた所定の屈折率を有するコア領域と、前記コア領域の外周に設けられたクラッド領域とを備えたことを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

20. 前記クラッド領域は、前記コア領域の外周に接しかつ該コア領域より低い屈折率を有する内側クラッドと、該内側クラッドの外周に設けられ、該内側

クラッドよりも高くかつ該コア領域よりも低い屈折率を有する外側クラッドとを有することを特徴とする請求項1-9記載の光ファイバ。

21. 所定軸に沿って伸びた領域であつて、所定の屈折率を有する第1コアと、該第1コアの外周に設けられたクラッド領域とを備えたことを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

5 前記コア領域の外周に設けられたクラッド領域とを備えたことを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

22. 前記クラッド領域は、前記第2コアの外周に接しあつ該第2コアよりも低い屈折率を有する内側クラッドと、該内側クラッドの外周に設けられ、該内側クラッドよりも高くかつ該第2コアよりも低い屈折率を有する外側クラッドとを有することを特徴とする請求項2-1記載の光ファイバ。

10 23. 所定軸に沿って伸びた領域であつて、所定の屈折率を有する第1コアと、該第1コアの外周に設けられた該第1コアよりも低い屈折率を有する第2コアと、該第2コアの外周に設けられた該第2コアよりも高い屈折率を有する第3コアとからなるコア領域と、

15 前記コア領域の外周に設けられたクラッド領域とを備えたことを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

求項1記載の光ファイバ。

24. 前記第2コアの屈折率は、前記クラッド領域の屈折率と等しいかあるいは高いことを特徴とする請求項2-3記載の光ファイバ。

20 25. 前記クラッド領域は、前記第3コアの外周に接しあつ該第3コアよりも低い屈折率を有する内側クラッドと、該内側クラッドの外周に設けられ、該内側クラッドよりも高くかつ該第3コアよりも低い屈折率を有する外側クラッドとを有することを特徴とする請求項2-3記載の光ファイバ。

25 26. 前記第2コアの屈折率は、前記外側クラッドの屈折率と等しいかあるいは高いことを特徴とする請求項2-5記載の光ファイバ。

27. 所定軸に沿って伸びた領域であつて、所定の屈折率を有する第1コア

と、該第1コアの外周に設けられ該第1コアよりも高い屈折率を有する第2コアとからなるコア領域と、

前記コア領域の外周に設けられたクラッド領域とを備えたことを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

6 28. 前記クラッド領域は、前記第2コアの外周に接しあつ該第2コアよりも低い屈折率を有する内側クラッドと、該内側クラッドの外周に設けられ、該内側クラッドよりも高くかつ該第2コアよりも低い屈折率を有する外側クラッドとを有することを特徴とする請求項2-7記載の光ファイバ。

29. 所定軸に沿って伸びた領域であつて、所定の屈折率を有する第1コアと、該第1コアの外周に設けられた該第1コアよりも高い屈折率を有する第2コアと、該第2コアの外周に設けられた該第2コアよりも低い屈折率を有する第3コアと、該第3コアの外周に設けられた該第3コアよりも高い屈折率を有する第4コアとからなるコア領域と、

30. 前記コア領域の外周に設けられ、前記第4コアよりも低い屈折率を有するクラッドとを備えたことを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

1. 3 μm波長帯の第1光を出力する第1送信器と、

1. 55 μm波長帯の第2光を出力する第2送信器と、

前記第1送信器から出力された前記第1光と、前記第2送信器から出力された前記第2光を合波する合波器と、

一端が前記合波器に光学的に接続され、該合波器により合波された前記第1光及び前記第2光それを伝送する請求項1記載の光ファイバとを備えた光システム。

31. 波長1.20 μm-1.60 μmの範囲内に零分散波長を1つのみ有する光ファイバであつて、

前記零分散波長は、波長1.37 μm-1.50 μmの範囲内に存在することも、

25

前記零分散波長において正である分散スロープと、波長1.55μmにおいて、

4.9μm²よりも大きい実効断面積とを有する光ファイバ。

3 2. 波長1.20μm～1.60μmの範囲内に零分散波長を1つのみ有する光ファイバであって、

5 前記零分散波長は、波長1.45μmよりも大きくなつ1.50μm以下の範囲内に存在するとともに、

前記零分散波長において正である分散スロープを有する光ファイバ。

3 3. 波長1.20μm～1.60μmの範囲内に零分散波長を1つのみ有する光ファイバであって、

10 前記零分散波長は、波長1.37μm～1.50μmの範囲内に存在するとともに、

前記零分散波長において正である分散スロープと、波長1.55μmにおいて、直徑3.2mmで巻かれたときに0.06dB/ターン以下となる曲げ損失とを有する光ファイバ。

3 4. 波長1.20μm～1.60μmの範囲内に零分散波長を1つのみ有する光ファイバであって、

15 前記零分散波長は、波長1.37μm～1.50μmの範囲内に存在するとともに、

前記零分散波長において正である分散スロープと、1.05μm以上のカットオフ波長とを有する光ファイバ。

20 3 5. 前記カットオフ波長は、1.30μm以上であることを特徴とする請求項3.4記載の光ファイバ。

図1A

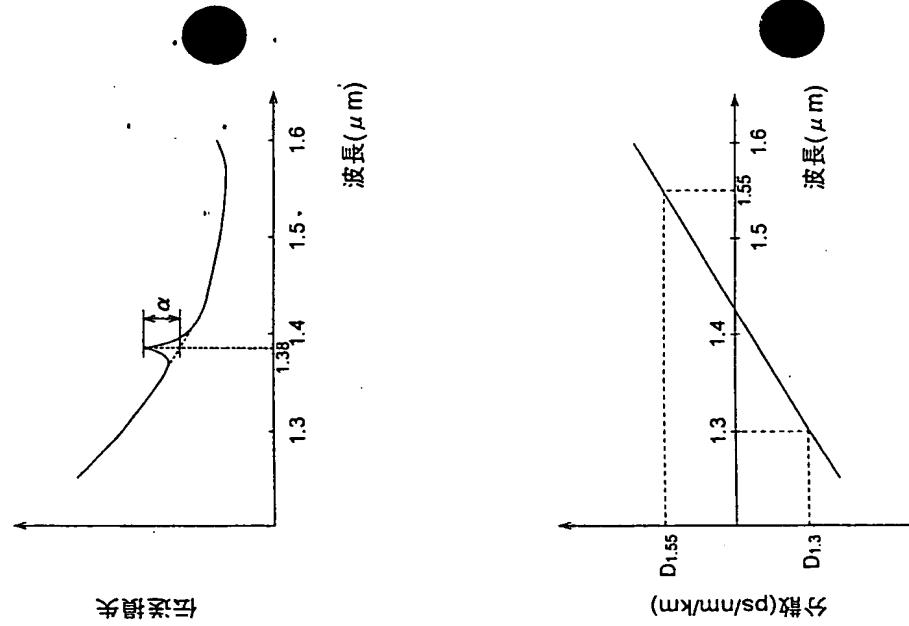
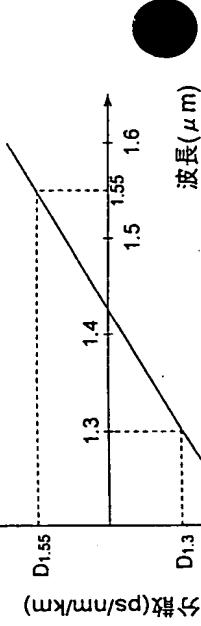


図1B



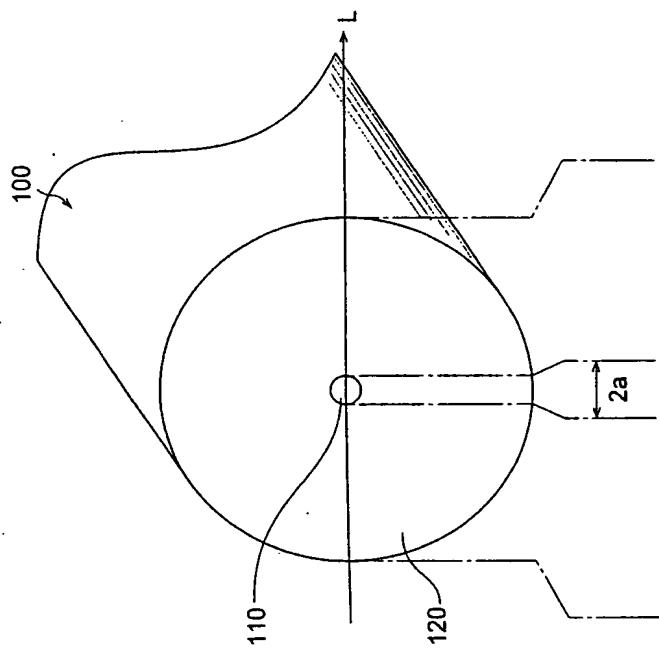


図2A

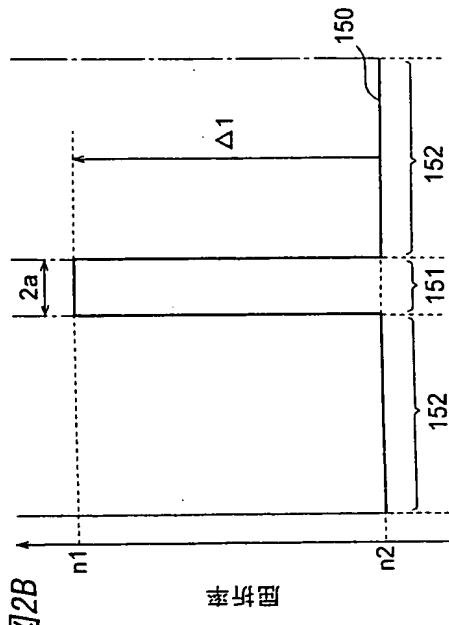
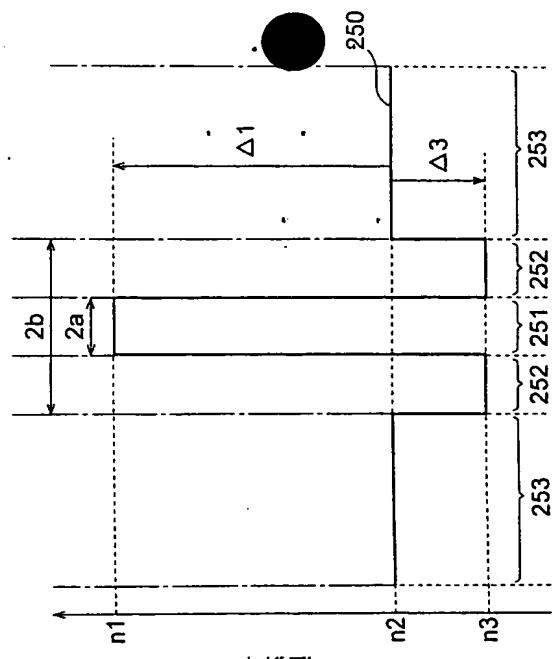


図2B

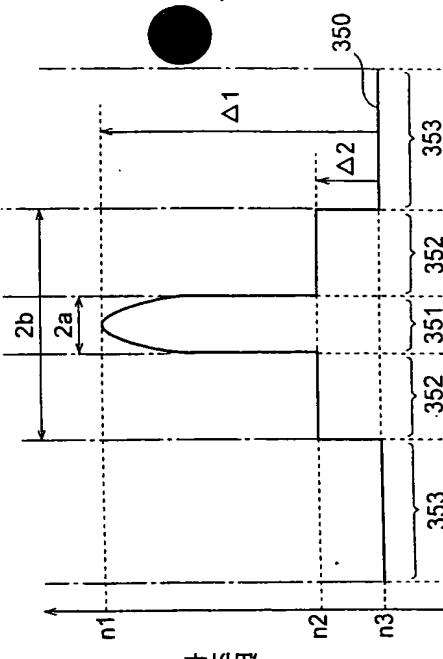
2/12

図3



樹脂図

図4



樹脂図

3/12

図5

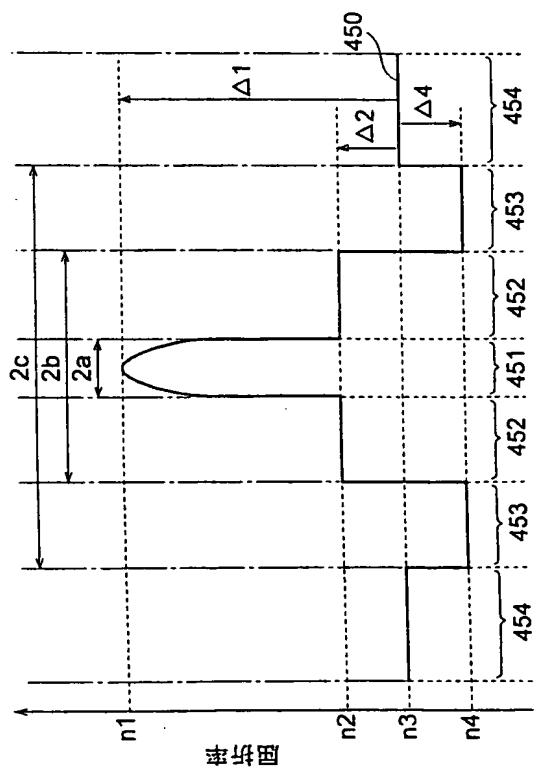


図7

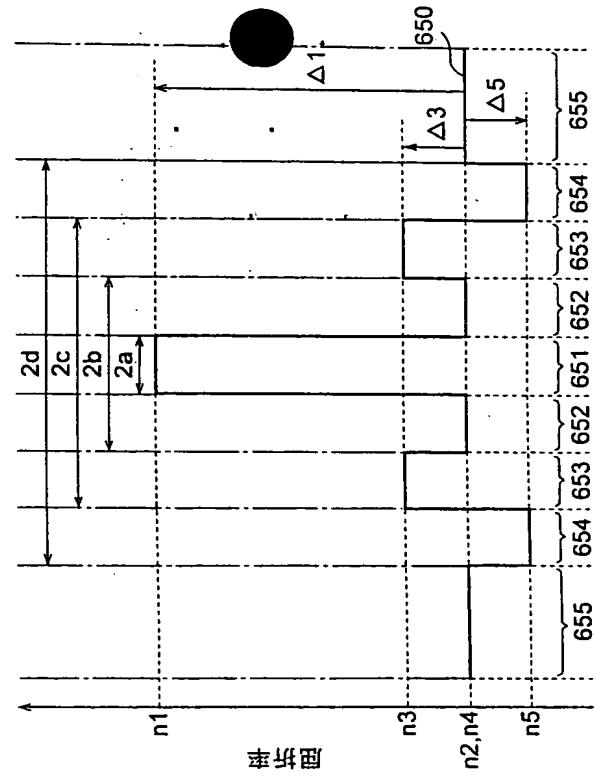


図6

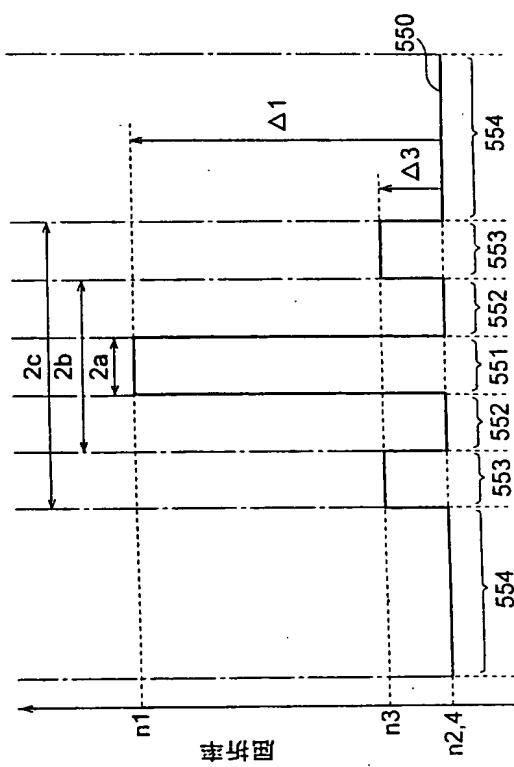
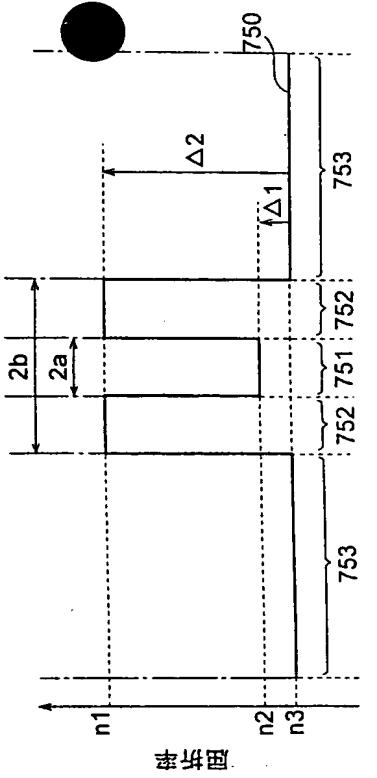
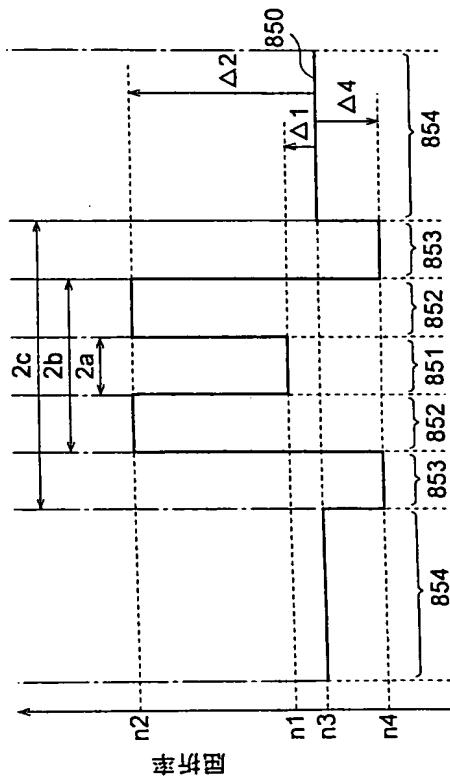


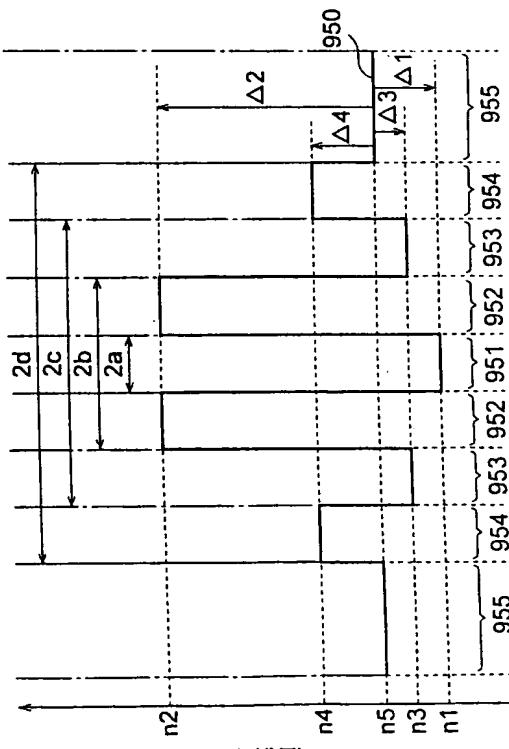
図8



9
EX



10



卷之三

図13

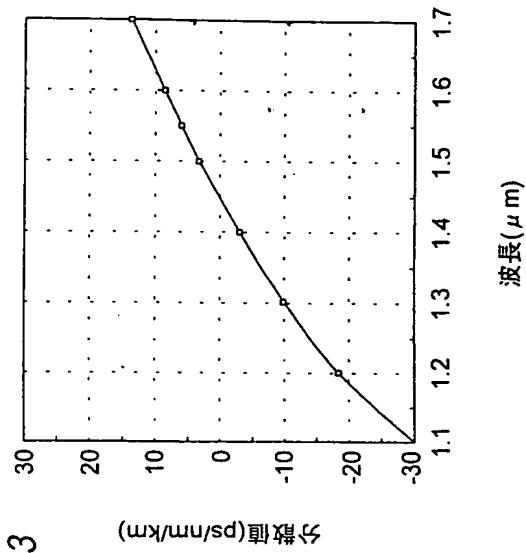
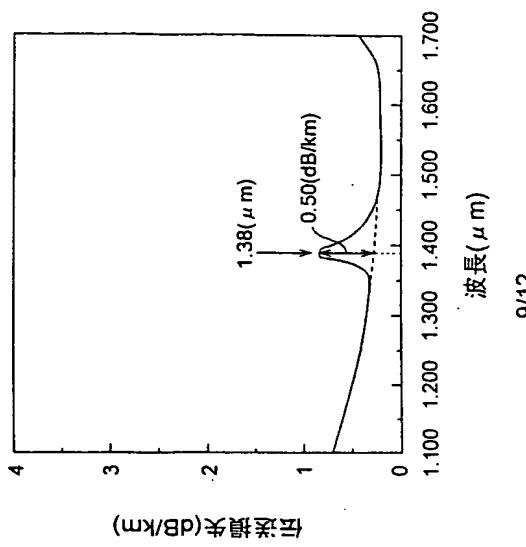


図14



9/12

図12

平均分散度量 (ps/nm/km)	第14 (μm)	第15 (μm)	第16 実施例	第17 実施例	第18 実施例	第19 実施例	第20 実施例	第21 実施例	第22 実施例
分散度量 (ps/nm ² /km)	0.065	0.060	0.065	0.071	0.058	0.065	0.059	0.057	0.052
分散度量 (ps/nm ³ /km ²)	0.055	0.060	0.065	0.059	0.040	0.040	0.047	0.043	0.046
分散度量 (ps/nm ⁴ /km ³)	0.050	0.055	0.060	0.071	0.058	0.065	0.059	0.057	0.052
分散度量 (ps/nm ⁵ /km ⁴)	0.045	0.050	0.055	0.065	0.058	0.065	0.059	0.057	0.052
分散度量 (ps/nm ⁶ /km ⁵)	0.040	0.045	0.050	0.060	0.055	0.065	0.059	0.057	0.052
分散度量 (ps/nm ⁷ /km ⁶)	0.035	0.040	0.045	0.055	0.050	0.060	0.055	0.053	0.050
分散度量 (ps/nm ⁸ /km ⁷)	0.030	0.035	0.040	0.050	0.045	0.055	0.050	0.048	0.045
分散度量 (ps/nm ⁹ /km ⁸)	0.025	0.030	0.035	0.045	0.040	0.050	0.045	0.043	0.040
分散度量 (ps/nm ¹⁰ /km ⁹)	0.020	0.025	0.030	0.040	0.035	0.045	0.040	0.038	0.035
分散度量 (ps/nm ¹¹ /km ¹⁰)	0.015	0.020	0.025	0.035	0.030	0.040	0.035	0.033	0.030
分散度量 (ps/nm ¹² /km ¹¹)	0.010	0.015	0.020	0.030	0.025	0.035	0.030	0.028	0.025
分散度量 (ps/nm ¹³ /km ¹²)	0.005	0.010	0.015	0.025	0.020	0.030	0.025	0.023	0.020
分散度量 (ps/nm ¹⁴ /km ¹³)	0.002	0.005	0.010	0.020	0.015	0.025	0.020	0.018	0.015
平均分散度量 (ps/nm/km)	1.41	1.46	1.47	1.40	1.41	1.38	1.40	1.40	1.39
平均分散度量 (ps/nm ² /km)	1.41	1.46	1.47	1.40	1.41	1.38	1.40	1.40	1.39
平均分散度量 (ps/nm ³ /km ²)	1.41	1.46	1.47	1.40	1.41	1.38	1.40	1.40	1.39
平均分散度量 (ps/nm ⁴ /km ³)	1.41	1.46	1.47	1.40	1.41	1.38	1.40	1.40	1.39
平均分散度量 (ps/nm ⁵ /km ⁴)	1.41	1.46	1.47	1.40	1.41	1.38	1.40	1.40	1.39
平均分散度量 (ps/nm ⁶ /km ⁵)	1.41	1.46	1.47	1.40	1.41	1.38	1.40	1.40	1.39
平均分散度量 (ps/nm ⁷ /km ⁶)	1.41	1.46	1.47	1.40	1.41	1.38	1.40	1.40	1.39
平均分散度量 (ps/nm ⁸ /km ⁷)	1.41	1.46	1.47	1.40	1.41	1.38	1.40	1.40	1.39
平均分散度量 (ps/nm ⁹ /km ⁸)	1.41	1.46	1.47	1.40	1.41	1.38	1.40	1.40	1.39
平均分散度量 (ps/nm ¹⁰ /km ⁹)	1.41	1.46	1.47	1.40	1.41	1.38	1.40	1.40	1.39
平均分散度量 (ps/nm ¹¹ /km ¹⁰)	1.41	1.46	1.47	1.40	1.41	1.38	1.40	1.40	1.39
平均分散度量 (ps/nm ¹² /km ¹¹)	1.41	1.46	1.47	1.40	1.41	1.38	1.40	1.40	1.39
平均分散度量 (ps/nm ¹³ /km ¹²)	1.41	1.46	1.47	1.40	1.41	1.38	1.40	1.40	1.39
平均分散度量 (ps/nm ¹⁴ /km ¹³)	1.41	1.46	1.47	1.40	1.41	1.38	1.40	1.40	1.39
平均分散度量 (ps/nm ¹⁵ /km ¹⁴)	1.41	1.46	1.47	1.40	1.41	1.38	1.40	1.40	1.39
平均分散度量 (ps/nm ¹⁶ /km ¹⁵)	1.41	1.46	1.47	1.40	1.41	1.38	1.40	1.40	1.39
平均分散度量 (ps/nm ¹⁷ /km ¹⁶)	1.41	1.46	1.47	1.40	1.41	1.38	1.40	1.40	1.39
平均分散度量 (ps/nm ¹⁸ /km ¹⁷)	1.41	1.46	1.47	1.40	1.41	1.38	1.40	1.40	1.39
平均分散度量 (ps/nm ¹⁹ /km ¹⁸)	1.41	1.46	1.47	1.40	1.41	1.38	1.40	1.40	1.39
平均分散度量 (ps/nm ²⁰ /km ¹⁹)	1.41	1.46	1.47	1.40	1.41	1.38	1.40	1.40	1.39
平均分散度量 (ps/nm ²¹ /km ²⁰)	1.41	1.46	1.47	1.40	1.41	1.38	1.40	1.40	1.39
平均分散度量 (ps/nm ²² /km ²¹)	1.41	1.46	1.47	1.40	1.41	1.38	1.40	1.40	1.39

図15

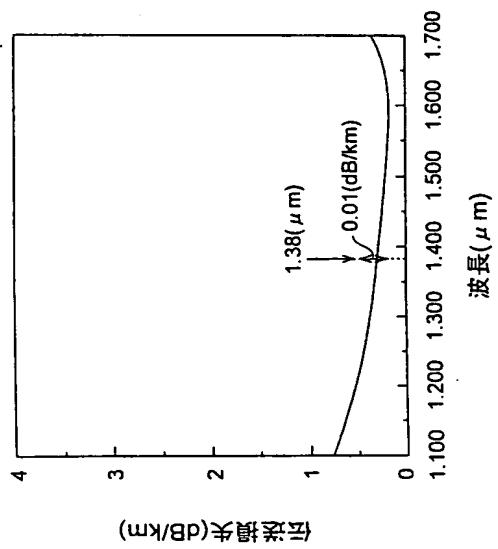


図17A

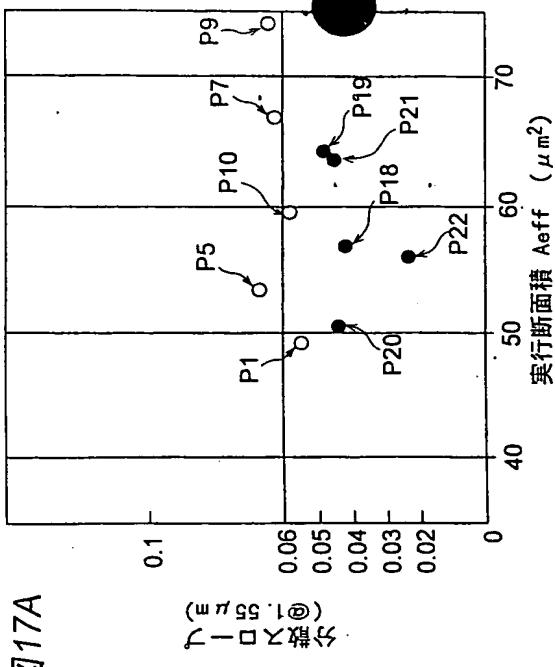
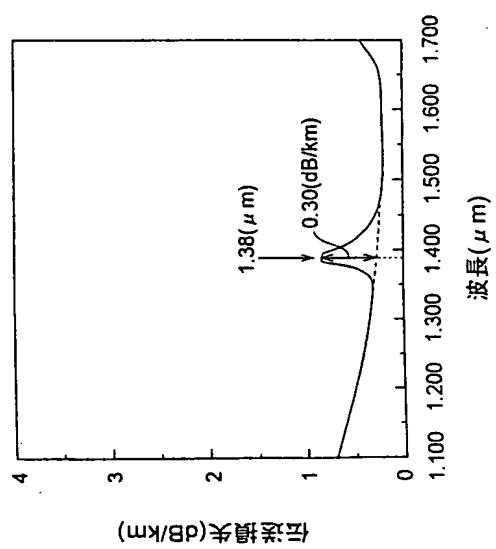


図16

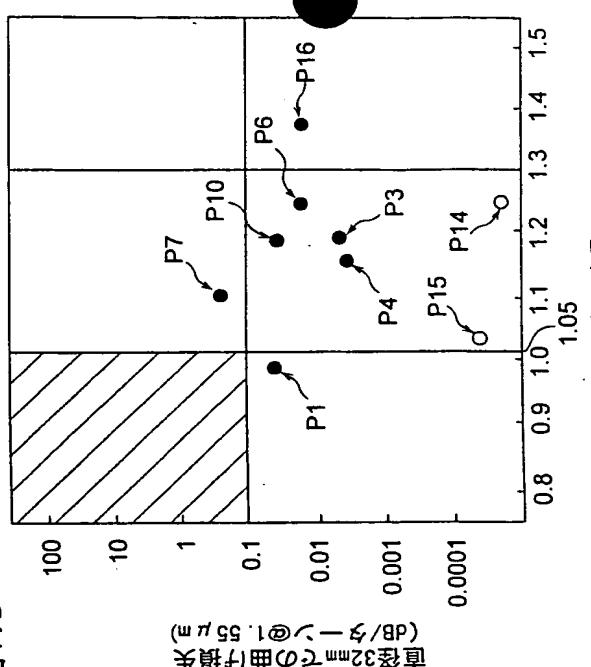


10/12

カットオフ波長 λ_c

11/12

図17B

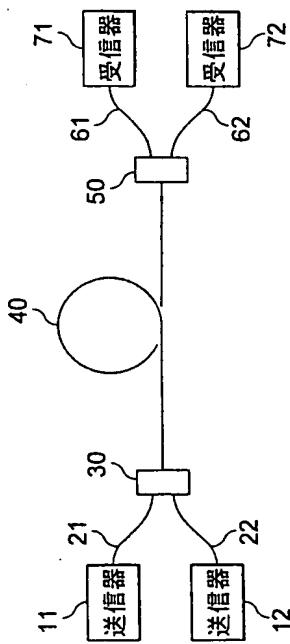


INTERNATIONAL SEARCH REPORT

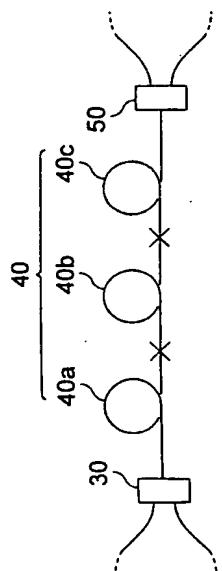
International application No.
PCT/JP99/06611

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. 7 G02B 6/16

☒ 18A



☒ 18B



According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. 7 G02B 6/00-6/54

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyou Shisan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyou Shisan Koho 1994-1999
Kokai Jitsuyou Shisan Koho 1971-1999 Jitsuyou Shisan Toroku Koho 1996-1999

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP, 662069, A2 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION), 15 August, 1997 (15.08.97), "Dispersion-shifted single-mode fiber for high-bit-rate and multiwavelength systems"; OEC '95 Technical Digest, TH1, pp 259-260.. Especially, see Fig. 1, Table 1	1, 1, 6, 9-12, 14-16, 19, 27, 31-33
Y	US, 5732178, A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 24 March, 1998 (24.03.98), Column 5, lines 45 to 61; Figs. 1, 10 & JP, 9-211249, A	2, 4-5, 7-8, 13, 17-18, 20-26, 28, 29, 34-35
A		30
Y	BHAGAVATULA, V.A.; "Dispersion-shifted single-mode fiber for high-bit-rate and multiwavelength systems"; OEC '95 Technical Digest, TH1, pp 259-260.. Especially, see Fig. 1, Table 1	4-5, 7-8, 17-18, 27, 34-35
Y	US, 5732178, A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 24 March, 1998 (24.03.98), Column 5, lines 45 to 61; Figs. 1, 10 & JP, 9-211249, A	9-10, 21, 33

Further documents are listed in the continuation of Box C. Set patent family annex.

Later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
*Y document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
*O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
*P document published prior to the international filing date but later than the priority due claimed
*X document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
*E earlier document but published on or after the international filing date
*L document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
*R document published prior to the international filing date but later than the priority due claimed

Date of mailing of the international search report
18 February, 2000 (18.02.00) 07 March, 2000 (07.03.00)

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Fax/fax No.	Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP99/06611

C (Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US, 5822488, A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 13 October 1998 (13.10.98) & JP, 9-159856, A	9-10, 20-29, 33
Y	EP, 851245, A2 (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 01 July, 1998 (01.07.98) & JP, 10-239550, A & CA, 2225889, A & TW, 356531, A & KR, 98064339, A	9-10, 20-29, 33
Y	EP, 656326, A2 (AT&T Corp.), 07 June, 1995 (07.06.95) & JP, 7-206462, A & US, 5397372, A & CA, 2118351, A & DE, 69411381, B	13
Y	JP, 10-53429, A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 24 February, 1998 (24.02.98) (Family: none)	13
A	EP, 604767, A1 (Corning Inc.), 06 July, 1994 (06.07.94) & JP, 6-235839, A & AU, 5262993, A	17-18, 34-35
A	Masayuki Nishimura, "Multivavelength Optical Fiber"; O plus E, Vol.19, No.11 (series No.216) November, 1997, (Japan), Shin Gijutsu Communications issue, pp.143-148 especially, page 146, Fig.2	21-29
P,A	EP, 887670, A2 (LUCENT TECHNOLOGIES INC.), 30 December, 1998 (30.12.98) & AU, 9871965, A & CA, 2240220, A & JP, 11-1171575, A & CN, 1221709, A	13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP99/06611

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of Item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 7(2)(a) for the following reasons:

- Claims Nos.: because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
 - 1. because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
- Claims Nos.: because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
- Claims Nos.: because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6(4)(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of Item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The common matters of the inventions of claims 1 to 35 are the matters of claim 1, and the matters of invention of claim 1 are disclosed in EP, 852069, A2 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 15 August, 1997 (15. 08. 97), lines 29-37, column 9, and Fig.1, and do not make any contribution over the prior art.

Therefore, the common matters cannot be the "special technical features" described in the second sentence of PCT Rule 13.2. Hence the inventions of claims 1 to 34 do not meet the requirement of unity of invention.

- As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
- As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.

- As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

- No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
 No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int. C1, G02B 6/00-6/54																															
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int. C1, G02B 6/00-6/54																															
<p>長時間資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの</p> <p>日本国実用新案公報 1992-1999年 日本国実用新案公報 1991-1999年 日本国実用新案公報 1994-1999年 日本国実用新案登録公報 1996-1999年</p>																															
<p>国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)</p>																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文書のカタゴリー*</th> <th>引用文献名 及び一部の箇所が開示するときは、その開述する箇所の表示</th> <th>開述する請求の範囲の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>E.P. 86 206 9, A2 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE COR PORATION), 15.8月 1997 (15.08.97) 全図,特に、第25欄、第53行-第1,13-15行,全文, AJP, 10-3000966, A&U.S., 59 63700, A</td> <td>1, 3-6, 9-12, 14-16, 19-27 31-33</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td></td> <td>2, 4-5, 7-8, 13, 17-18, 20-26, 28, 29, 34-35</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> <td>30</td> </tr> <tr> <td colspan="4"> <p><input checked="" type="checkbox"/> C欄の様にも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p> </td> </tr> <tr> <td colspan="4"> <p>* 引用文献のカテゴリー 「A」特に開示のある文献ではなく、一般的技術水準を示す 「E」特に開示のない文献 「F」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日 以後に公表されたもの 「L」優先権主張に係る文書又は他の文献の発行 文書、しくは他の特別な理由を理由に引用する 「O」図による開示、使用、展示等に及ぼす文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張となる出願</p> </td> </tr> <tr> <td colspan="2">国際調査を完了した日 18.02.00</td> <td colspan="2">国際調査報告の発送日 07.03.00</td> </tr> <tr> <td colspan="2">国際特許機関の名前及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号</td> <td colspan="2">特許庁審査官 (権限のある職員) 平野 田中 雅裕 2K 9514 電話番号 03-3581-1101 内線 3253</td> </tr> </tbody> </table>				引用文書のカタゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が開示するときは、その開述する箇所の表示	開述する請求の範囲の番号	X	E.P. 86 206 9, A2 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE COR PORATION), 15.8月 1997 (15.08.97) 全図,特に、第25欄、第53行-第1,13-15行,全文, AJP, 10-3000966, A&U.S., 59 63700, A	1, 3-6, 9-12, 14-16, 19-27 31-33	Y		2, 4-5, 7-8, 13, 17-18, 20-26, 28, 29, 34-35	A		30	<p><input checked="" type="checkbox"/> C欄の様にも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p>				<p>* 引用文献のカテゴリー 「A」特に開示のある文献ではなく、一般的技術水準を示す 「E」特に開示のない文献 「F」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日 以後に公表されたもの 「L」優先権主張に係る文書又は他の文献の発行 文書、しくは他の特別な理由を理由に引用する 「O」図による開示、使用、展示等に及ぼす文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張となる出願</p>				国際調査を完了した日 18.02.00		国際調査報告の発送日 07.03.00		国際特許機関の名前及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 平野 田中 雅裕 2K 9514 電話番号 03-3581-1101 内線 3253	
引用文書のカタゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が開示するときは、その開述する箇所の表示	開述する請求の範囲の番号																													
X	E.P. 86 206 9, A2 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE COR PORATION), 15.8月 1997 (15.08.97) 全図,特に、第25欄、第53行-第1,13-15行,全文, AJP, 10-3000966, A&U.S., 59 63700, A	1, 3-6, 9-12, 14-16, 19-27 31-33																													
Y		2, 4-5, 7-8, 13, 17-18, 20-26, 28, 29, 34-35																													
A		30																													
<p><input checked="" type="checkbox"/> C欄の様にも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p>																															
<p>* 引用文献のカテゴリー 「A」特に開示のある文献ではなく、一般的技術水準を示す 「E」特に開示のない文献 「F」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日 以後に公表されたもの 「L」優先権主張に係る文書又は他の文献の発行 文書、しくは他の特別な理由を理由に引用する 「O」図による開示、使用、展示等に及ぼす文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張となる出願</p>																															
国際調査を完了した日 18.02.00		国際調査報告の発送日 07.03.00																													
国際特許機関の名前及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 平野 田中 雅裕 2K 9514 電話番号 03-3581-1101 内線 3253																													

* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示す 「E」国際出版日前の出版または特許であるが、国際出版日前 以後に公表されたもの 「L」笠置主張に既存を想起する文献又は他の文献の実行 若しくは他の特選な理由を確立するために引用する 文献、理由を付す 「O」頭による開示、使用、展示等に官とする文献 「P」国際出版日前で、かつ笠置主張の主張となる出版	の日の後に公表された文献 「T」国際出版日又は係日後に公表された文献であって 出版と矛盾するものではなく、発明の原理又は理 論的解説するため引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明 の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上 の文献との、文献によって明確である組合せに よって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パートファミリー文献	特許庁審査官(権限のある職員) 和田 邦裕 電話番号 03-3581-1101 内線 3253	特許庁審査官(権限のある職員) 和田 邦裕 電話番号 03-3581-1101 内線 9514
国際調査を完了した日 18. 02. 00	国際調査報告の発送日 07.03.00		

様式PCT/ISA/210(第2ページ)(1998年7月)

特許PCT/ISA/210(第2ベージの傳書) (1998年7月)

第1欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の段) は、
法第8条第3項 (PCT第17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作
成しなかった。

1. 請求の範囲 _____ は、この国際調査報告が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、

2. 請求の範囲 _____ は、從属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に
従って記載されていない。

3. 請求の範囲 _____ は、從属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に
従って記載されていない。

第1欄 発明の唯一性が欠加しているときの意見 (第1ページの3の段) は、
次に述べるようにこの国際出願に二以上の差別があるとこの国際調査報告は記めた。

請求の範囲1-3-5に記載された発明に共通する事項は、請求の範囲1に記載の事項であるところ、
この請求の範囲1に記載の事項は、E.P. 8 6 2 0 6 9, A 2 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE
CORPORATION), 1.5, 8月, 1.9.9.7 (1.5, 0.8, 9.7), 第9欄, 第29行-第37行, 第
14回に明示され、いろいろから、先行技術に対して何の貢献も果していない。
したがって、上記共通する事項は、PCT規則1-3、2の第2文の意味における「特別な技術的特
徴」となり得ない。その結果として、請求の範囲1-3-4に記載された発明は、唯一性の要件を満
たしていない。

1. 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求
の範囲について作成した。
2. 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追
加調査手数料の納付を求めなかった。
3. 出願人が必要な追加調査手数料を一額のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納
付のあつた次の請求の範囲のみについて作成した。
4. 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載
されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の具體の申立てに關する注意
 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあつた。
 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかつた。

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.